



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# ENERGETICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ, A OPTIMALIZACE, RODINNÉHO DOMU

ENERGY-EKONOMICAL EVALUATION, AND OPTIMIZATION, OF A FAMILY HOUSE

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniela Rodková

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ADAM, Ph.D.

BRNO 2018





## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Daniela Rodková
Název	Energeticko-ekonomické hodnocení, a optimalizace, rodinného domu
Vedoucí práce	Ing. Pavel Adam, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018
V Brně dne 31. 3. 2017	

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhlášky, normy), pro navrhování technických zařízení a staveb.

Obsah a uspořádání práce bude dle směrnice FAST, tj. následovně:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce, tj.:

### A. Teoretická část

- literární rešerše ze zadaného tématu (členění RD z pohledu en. nároč. budovy (ENB) - dle běžných zvyklostí, zákonů, vyhlášek a dotač. titulů; hlavní parametry mající vliv na ENB; požadavky na ENB u nás, a v zahraničí);
- cíle práce;
- zvolené metody řešení.

### B. Výpočtová část:

- energetické hodnocení zadaného rodinného domu, vč. návrhu, a hodnocení, úsporných opatření, s využitím metod, a postupů, kladených na energetický audit, dle vyhlášky 480/2012 Sb.;
- návrh systémů TZB daného domu (min. vytápění, a vzduchotechnika);
- průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.;

### C. Aplikace výpočetní techniky:

- optimalizace energetické náročnosti budovy s využitím počítačového modelování, ve výpočtovém programu, umožňující hodinový krok výpočtu,;
- modelování různých variant řešení výstavby RD (tvar, orientace, umístění, stínění, clonění, konstrukční systém, atd.) a vyčíslení jejich vlivu na energetickou náročnost budovy;
- optim. systémů TZB s využitím metod CFD (umístění přírodních otvorů větrání, volba otopných ploch, apod.);
- j) závěr (formulace závěrů, a doporučení, pro praxi, získaným výše uvedenými výpočty),
- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy - výkresy

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Pavel Adam, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce



## **ABSTRAKT**

Hlavní náplní diplomové práce je návrh a hodnocení úsporných opatření s cílem energeticko-ekonomické optimalizace konkrétního rodinného domu. Teoretická část práce popisuje problematiku energetické náročnosti budovy, výpočtová část je věnována ekonomickému a environmentálnímu hodnocení dvou variant řešení s využitím počítačového programu umožňující měsíční krok výpočtu. Součástí je návrh systémů vzduchotechniky, vytápění a vyhotovení průkazů energetické náročnosti budovy. Část práce, jež je zaměřená na aplikaci výpočetní techniky, se zabývá optimalizací energetické náročnosti budovy s využitím programu umožňující hodinový krok výpočtu a modelováním obrazů proudění s využitím metod CFD.

## **ABSTRACT**

The main content of this thesis is a design and an assessment of energy-saving measures with an objective of energy economical optimization of a particular family house. The theoretical part of the thesis describes problems of the energy performance of the building. The calculating part is devoted to economical and environmental assessment of two solving options with a use of a computer program which enables a monthly calculating measure. One part constitutes a design of air-conditioning systems, heating and drawing up an Energy Performance Certificates. The part of the thesis which is focused on a computer technology application deals with energy performance optimization with a use of a program which enables a daily calculating measure and making models of pictures of flowing with a use of CFD methods.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Rodinný dům, energeticko-ekonomické hodnocení, průkaz energetické náročnosti budovy, úsporná opatření, vzduchotechnika, vytápění, podlahové vytápění, modelování, proudění vzduchu

## **KEY WORDS**

Family house, Energy-economical evaluation, Energy Performance Certificate, energy-saving measures, air conditioning, heating, floor heating, modeling, air flow

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Daniela Rodková *Energeticko-ekonomické hodnocení, a optimalizace, rodinného domu*.  
Brno, 2018. 229 s., 19 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Pavel Adam, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

---

Bc. Daniela Rodková  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ.**

Tímto velmi děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Adamovi, Ph.D. za jeho časovou flexibilitu, předání cenných rad, informací a odborných znalostí nejen k danému tématu.

Dále děkuji svým rodičům a sestře za poskytnutí rodinného zázemí po celou dobu mého studia a v neposlední řadě patří velké DÍKY mému příteli za jeho toleranci, podporu a přítomnost.

# OBSAH

ÚVOD .....	13
A TEORETICKÁ ČÁST .....	14
ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY .....	15
A.1 ČLENĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ Z POHLEDU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	15
A.1.1 DLE BĚŽNÝCH ZVYKLOSTÍ .....	15
A.1.2 DLE ZÁKONŮ A VYHLÁŠEK .....	18
A.1.3 DLE DOTAČNÍCH TITULŮ .....	24
A.2 HLAVNÍ PARAMETRY MAJÍCÍ VLIV NA ENB .....	29
A.2.1 ZÓNOVÁNÍ BUDOVY, VNITŘNÍ MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY, VČETNĚ NÁVRHOVÝCH HODNOT VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ .....	29
A.2.2 ZÓNOVÁNÍ BUDOVY, VNITŘNÍ MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY, VČETNĚ NÁVRHOVÝCH HODNOT VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ .....	30
A.2.3 ZÓNOVÁNÍ BUDOVY, VNITŘNÍ MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY, VČETNĚ NÁVRHOVÝCH HODNOT VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ .....	30
A.2.4 UMÍSTĚNÍ A ORIENTACE BUDOVY, VČETNĚ VNĚJŠÍHO KLIMATU .....	30
A.2.5 PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY A PROTISLUNEČNÍ OCHRANA .....	31
A.2.6 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ .....	31
A.3 POŽADAVKY NA ENB U NÁS A V ZAHRANIČÍ .....	32
A.4 CÍLE PRÁCE .....	33
A.4.1 TEORETICKÁ ČÁST DP .....	33
A.4.2 VÝPOČTOVÁ ČÁST DP .....	34
A.4.3 APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY .....	34
A.5 ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ .....	34
A.5.1 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ .....	34
A.5.2 VÝPOČTOVÉ ŘEŠENÍ .....	35
A.5.3 APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY .....	35
B VÝPOČTOVÁ ČÁST .....	36
B.1 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ OBJEKTU .....	38
B.1.1 ZÁKLADNÍ POPIS OBJEKTU .....	39
B.1.2 SITUAČNÍ PLÁN .....	40
B.1.3 ÚDAJE O ENERGETICKÝCH VSTUPECH A VÝSTUPECH .....	41
B.1.3.1 PARAMETRY PRIMÁRNÍCH ENERGETICKÝCH VSTUPŮ .....	41
B.1.3.2 SOUPIS ZÁKLADNÍCH ÚDAJŮ O ENERGETICKÝCH VSTUPECH A VÝSTUPECH .....	41
B.1.4 VLASTNÍ ENERGETICKÉ ZDROJE .....	42
B.1.4.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VLASTNÍCH ENERGETICKÝCH ZDROJÍCH .....	42
B.1.4.2 BILANCE VÝROBY ENERGIE Z VLASTNÍCH ZDROJŮ .....	44
B.1.4.3 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE .....	44
B.1.5 DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	44
B.1.6 STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ .....	45
B.1.7 ZHODNOCENÍ VÝCHOZÍHO STAVU .....	47
B.1.7.1 ENERGETICKÁ BILANCE OBJEKTU .....	47
B.1.7.2 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ OBJEKTU .....	48
POSOUZENÍ TEPELNĚ-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ KONSTRUKCÍ BUDOVY .....	48

	POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA BUDOVY .....	48
	TEPELNÉ ZTRÁTY BUDOVY .....	49
B.1.7.3	SOUHRN CELKOVÝCH HODNOT VÝCHOZÍHO STAVU.....	51
B.1.8	NÁVRH OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE.....	51
B.1.8.1	NÁVRH KONSTRUKČNÍCH SKLADEB OBJEKTU .....	52
	KONSTRUKČNÍ SKLADBA 0.1 .....	52
	KONSTRUKČNÍ SKLADBA 0.2 .....	54
	KONSTRUKČNÍ SKLADBA 0.3 .....	57
B.1.8.2	NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ .....	60
	OPATŘENÍ Č. 1 .....	60
	OPATŘENÍ Č. 2 .....	61
	OPATŘENÍ Č. 3 .....	63
	OPATŘENÍ Č. 4 .....	64
	OPATŘENÍ Č. 5 .....	65
	OPATŘENÍ Č. 6 .....	67
	OPATŘENÍ Č. 7 .....	68
	OPATŘENÍ Č. 8 .....	70
	OPATŘENÍ Č. 9 .....	72
	OPATŘENÍ Č. 10 .....	74
	OPATŘENÍ Č. 11 .....	75
	OPATŘENÍ Č. 12 .....	77
	OPATŘENÍ Č. 13 .....	79
	OPATŘENÍ Č. 14 .....	81
	OPATŘENÍ Č. 15 .....	83
B.1.8.3	SOUHRN NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ .....	85
	SOUHRN NAVRŽENÝCH KONSTRUKČNÍCH SKLADEB .....	85
	SOUHRN NAVRŽENÉHO TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....	86
B.1.9	VARIANTY OPATŘENÍ.....	87
B.1.9.1	VARIANTA Č. 1 .....	87
B.1.9.2	VARIANTA Č. 2 .....	90
B.1.10	EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....	94
B.1.10.1	VSTUPNÍ ÚDAJE .....	94
B.1.10.2	VÝSTUPNÍ ÚDAJE .....	95
B.1.10.3	UKAZATELE EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI .....	97
B.1.11	ENVIRONMENTÁLNÍ VYHODNOCENÍ .....	99
B.1.11.1	VYHODNOCENÉ ZÁTĚŽE PROSTŘEDÍ PO REALIZACI VARIANT.....	99
B.1.11.2	POSOUZENÍ VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE .....	101
B.1.12	NÁVRH OPTIMÁLNÍ VARIANTY ENERGETICKY ÚSPORNÉHO OBJEKTU .....	101
B.2	NÁVRH SYSTÉMŮ TZB .....	103
B.2.1	VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU OBJEKTU .....	104
B.2.1.1	TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI KONSTRUKCÍ .....	105
B.2.1.2	PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL .....	105
B.2.1.3	TEPELNÉ ZTRÁTY .....	105
B.2.2	NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY RODINNÉHO DOMU .....	106
B.2.2.1	VÝPOČET PRŮTOKŮ VZDUCHU .....	107
B.2.2.2	ŘEŠENÍ DISTRIBUCE VZDUCHU, NÁVRH KONCOVÝCH ELEMENTŮ.....	107

B.2.2.3	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ, VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT PŘÍVODNÍHO A ODVODNÍHO POTRUBÍ .....	110
B.2.2.4	POŽÁRNÍ KLAPKY .....	111
B.2.2.5	VÝFUKOVÁ HLAVICE A PROTIDEŠŤOVÁ ŽALUZIE .....	111
B.2.2.6	STROJOVNÁ VZDUCHOTECHNIKY, VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA.....	113
B.2.2.7	ÚTLUM HLUKU .....	116
B.2.3	NÁVRH ZDROJE TEPLA .....	118
B.2.3.1	PŘÍPRAVA TV .....	118
	STANOVENÍ POTŘEBY TV .....	118
	STANOVENÍ POTŘEBY TEPLA .....	118
	STANOVENÍ KŘIVKY ODBĚRU .....	119
	STANOVENÍ OBJEMU ZÁSOBNÍKU .....	119
B.2.3.2	TEPLOVODNÍ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ .....	120
	ROZDĚLOVAČ TOPNÝCH OKRUHŮ.....	121
	REGULACE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ .....	122
	POTRUBÍ PRO PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ .....	123
	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	124
	ZDROJ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ .....	130
B.2.3.3	TEPELNÉ ČERPADLO .....	130
B.3	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	132
B.3.1	PENB - VÝCHOZÍ STAV .....	133
	B.3.1.1 PROTOKOL PRŮKAZU .....	133
	B.3.1.2 GRAFICKÝ PRŮKAZ.....	146
B.3.2	PENB - VARIANTA Č. 2 .....	148
	B.3.2.1 PROTOKOL PRŮKAZU .....	148
	B.3.2.2 GRAFICKÝ PRŮKAZ.....	161
<b>C</b>	<b>APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY.....</b>	<b>163</b>
C.1	OPTIMALIZACE ENB S VYUŽITÍM POČÍTAČOVÉHO MODELOVÁNÍ.....	164
C.2	VARIANTY ŘEŠENÍ VÝSTAVBY RD .....	168
C.2.1	ORIENTACE OBJEKTU KE SVĚTOVÝM STRANÁM.....	168
C.2.2	STÍNĚNÍ .....	171
C.2.3	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM .....	175
	C.2.3.1 KONSTRUKČNÍ SKLADBA 0.2 - PREFABRIKOVANÝ BETONOVÝ PANEL + EPS 70F TL. 180 MM .....	175
	C.2.3.2 KONSTRUKČNÍ SKLADBA 0.3 - LEHKÁ DŘEVOSTAVBA.....	178
C.2.4	ZHODNOCENÍ VLIVU VARIANTY ŘEŠENÍ VÝSTAVBY RD NA ENB .....	182
C.3	OPTIMALIZACE SYSTÉMŮ TZB S VYUŽITÍM METOD CFD.....	183
C.3.1	UMÍSTĚNÍ OTVORU PRO PŘÍVOD VZDUCHU VE STROPĚ .....	183
C.3.2	UMÍSTĚNÍ OTVORU PRO PŘÍVOD VZDUCHU VE STĚNĚ .....	186
	C.3.2.1 OTVORY PRO PŘÍVOD A ODVOD VZDUCHU Z JEDNÉ STRANY.....	186
	C.3.2.2 OTVORY PRO PŘÍVOD A ODVOD VZDUCHU NAPROTI SOBĚ .....	189
C.3.3	UMÍSTĚNÍ VYÚSTKY PŘÍVODNÍHO VZDUCHU V PODLAŽE.....	192
C.3.4	ZHODNOCENÍ UMÍSTĚNÍ VYÚSTKY PŘÍVODNÍHO VZDUCHU .....	194
<b>D</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>195</b>

<b>E</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>196</b>
<b>F</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ .....</b>	<b>197</b>
<b>G</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....</b>	<b>198</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>		<b>205</b>
	VÝKRES Č. 01 - VZDUCHOTECHNIKA - PŮDORYS 1.NP	
	VÝKRES Č. 02 - VZDUCHOTECHNIKA - ŘEZ A – A´, ŘEZ B – B´	
	VÝKRES Č. 03 - PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ - PŮDORYS 1.NP	
	PŘÍLOHA Č. 1 - ZADANÝ RODINNÝ DŮM .....	206
	PŘÍLOHA Č. 2 - TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ.....	209
	PŘÍLOHA Č. 3 – ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY (EŠOB) .....	214
	PŘÍLOHA Č. 4 - PODROBNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	219
	PŘÍLOHA Č. 5 - NAVRŽENÁ ZAŘÍZENÍ SYSTÉMŮ TZB.....	220



## ÚVOD

Snížování energetické náročnosti budov se stalo v posledním desetiletí důležitým předpokladem při návrhu novostaveb i při návrhu větších změn staveb dokončených. V rámci subvence navrhování a realizování energeticky úsporných staveb je předmětem této diplomové práce energeticko-ekonomické hodnocení a optimalizace konkrétního rodinného domu, jehož realizace je v budoucnu zamýšlená.

Teoretická část této práce se podrobněji zabývá členěním rodinných domů z pohledu energetické náročnosti budovy (ENB) z hlediska legislativy, popisuje cíle práce, kterých chceme dosáhnout a zvolené metody řešení, které k dosažení cílů použijeme.

Důležitým aspektem, majícím vliv na energetickou náročnost budovy, je volba konstrukčního materiálu a technologií pro tvorbu vnitřního mikroklima v objektu - předmětem výpočtové části je návrh variant konstrukčních skladeb obálky budovy a opatření, zahrnující jak stavební úpravy, tak návrh řešení systémů technického zařízení budov. Cílem je navržená opatření za účelem hledání potenciálu úspor energie a nákladů vhodně zkombinovat, následně provést ekonomické a environmentální vyhodnocení. Součástí je i návrh vzduchotechniky, vytápění a průkazu energetické náročnosti budovy dle platné vyhlášky 78/2013 Sb. PENB je vyhotoven pro výchozí stav objektu a pro variantu, jež je vyhodnocena z pohledu energeticko-ekonomického jako neoptimálnější.

Poslední část práce, jež je věnována aplikaci výpočetní techniky, je zaměřena na optimalizaci energetické náročnosti budovy s využitím programu DesignBuilder v5, který umožňuje hodinový krok výpočtu. Provedení modelování variant řešení výstavby rodinného domu, s vyčíslením jejich vlivu na energetickou náročnost budovy a modelováním obrazů proudění s využitím metod CFD za účelem zkoumání a zhodnocení vlivu nuceného větrání na vnitřní podmínky v místnosti při různém koncepčním řešení umístění otvorů pro přívod vzduchu.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

### A TEORETICKÁ ČÁST

#### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniela Rodková

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ADAM, Ph.D.

BRNO 2018

# ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Definici „energetická náročnost budovy“ uvádí zákon o hospodaření energií 406/2000 Sb. následovně:

*„Energetickou náročností budovy vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravou vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.“*

Energetickou náročnost budovy charakterizuje u již existujících staveb množství energie skutečně spotřebované zejména na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vnitřního prostředí větráním nebo klimatizačním systémem a na osvětlení. U projektů nových staveb se množství energie stanovuje výpočtem podle požadavků na standardizované užívání budovy [1].

Při hodnocení energetické náročnosti budov (ENB) se hodnotí následující kritéria:

- celková primární energie za rok;
- neobnovitelná primární energie za rok;
- celková dodaná energie za rok;
- dílčí dodaná energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok;
- průměrný součinitel prostupu tepla (obálky budovy);
- součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici;
- účinnost technických systémů.

## A.1 Členění rodinných domů z pohledu energetické náročnosti budovy

### A.1.1 Dle běžných zvyklostí

Formy energetického hodnocení budov prošly postupným vývojem. Způsoby hodnocení ENB jsou závislé na vydávání stále nových legislativních dokumentů zabývajících se touto problematikou.

#### Energetický štítek obálky budovy (EŠOB)

V roce 2002 byl v rámci ČR zaveden Energetický štítek obálky budovy (EŠOB), který vyhodnocuje tepelně-technické vlastnosti stavební konstrukce domu. Revidovaná technická norma ČSN 730540-2:2007 (platná od 1. 5. 2007) oproti původnímu znění normy z roku 2002 zjednodušuje hodnocení stavebně energetických vlastností budovy na hodnocení prostupu tepla obálkou budovy prostřednictvím průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$ . Energetický štítek budovy (původní označení) se mění na Energetický štítek obálky budovy a klasifikace se upravuje podle metodiky platné pro energetickou náročnost budovy. EŠOB rozděluje budovy do sedmi tříd A - G (od velmi úsporných - A až po mimořádně ne hospodárné - G).

Předmětem hodnocení EŠOB nejsou toky energií, ztráty objektu či potencionální tepelné zisky, ale vyhodnocují se tepelně-technické vlastnosti stavební konstrukce a to, jak působí jako celek. Velký důraz je kladen na prostorové řešení objektu, který charakterizuje tzv. objemový faktor tvaru [2]. Ten vyjadřuje poměr mezi plochou všech obalových konstrukcí a obestavěného prostoru (objemu budovy vč. stavebních konstrukcí). Existuje totiž přímá úměra mezi tvarovou složitostí objektu a jeho energetickou náročností. Pokud máme velmi členitý dům s malým objemem (např. rodinný dům), pak by jeho obalové konstrukce měly být co nejlepší. Naopak u tvarově jednoduchého objektu (např. výrobní hala tvaru kvádru) se podílí konstrukce na výsledné tepelné ztrátě v mnohem menší míře. Proto je u objektů s vysokým objemovým faktorem tvaru požadováno lepší provedení obalových konstrukcí.

**Tabulka 1** Požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$  pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 20 °C dle ČSN 73 0540 - 2: 2011

Objemový faktor tvaru budovy A/V	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
≤0,2	1,05	0,79
0,3	0,8	0,60
0,4	0,68	0,51
0,5	0,60	0,45
0,6	0,55	0,41
0,7	0,51	0,39
0,8	0,49	0,37
0,9	0,47	0,35
≥1,0	0,45	0,34

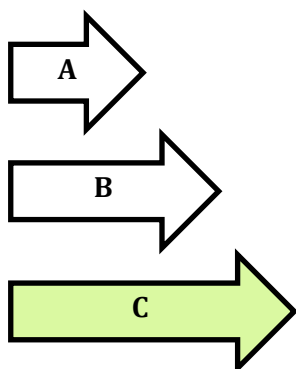
Aby budova splňovala požadavek ČSN 73 0540-2, musí mít klasifikační ukazatel CI < 1. Musí tedy spadat do klasifikačních tříd A - C, přičemž klasifikační třída A odpovídá tzv. pasivním domům a třída B tzv. nízkoenergetickým domům. Klasifikační třídu C lze podrobněji rozlišit na třídu C1, kdy budova vyhovuje doporučené úrovni součinitele prostupu tepla, a třídu C2, kdy budova vyhovuje požadované úrovni součinitele prostupu tepla. Rozmezí tříd D a E odpovídá průměrnému stavu stavebního fondu ČR do roku 2006 [2].

**Tabulka 2** Klasifikační třídy dle ČSN 73 0540-2:2007

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
<b>A</b>	Velmi úsporná	<0,3
<b>B</b>	Úsporná	<0,6
<b>C</b>	Vyhovující	<1,0
<b>D</b>	Nevyhovující	<1,5
<b>E</b>	Nehospodárná	<2,0
<b>F</b>	Velmi nehospodárná	<2,5
<b>G</b>	Mimořádně nehospodárná	>2,5

### Energetická třída C - Vyhovující

#### *Standardní dům*

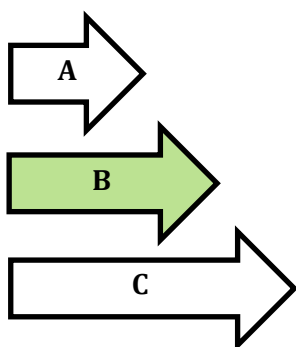


Energicky standardní dům je optimalizovaný na nízké pořizovací náklady a splňující požadavky norem a vyhlášek.

### Energetická třída B - úsporná

#### *Nízkoenergetické domy*

Nízkoenergetický dům je budova s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění, má několik základních znaků:

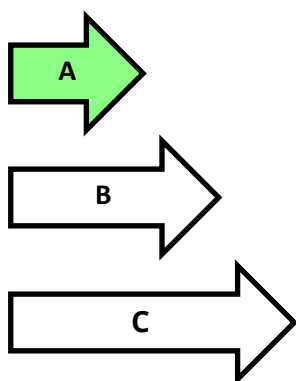


- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků;
  - prosklené plochy jsou orientovány na jih;
  - nadstandardní tepelné izolace;
  - regulace vytápění využívající tepelné zisky;
  - strojní větrání s účinnou rekuperací tepla;
  - měrná potřeba tepla na vytápění je max. 50 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- Kromě toho je důležité, aby jednotlivé komponenty domu byly vyvážené a vzájemně spolupracovaly.

### Energetická třída A - velmi úsporná

#### *Pasivní domy*

Pasivní domů spotřebuje ve srovnání s běžnou stavbou zhruba desetkrát méně tepla na vytápění + méně než 20 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Díky tomu se pasivní dům obejde bez klasické topné soustavy - po většinu roku si vystačí s tepelnými zisky od osob, spotřebičů, z dopadajícího slunečního záření, s teplem z odpadního vzduchu apod. Pasivní dům má několik základních znaků:



- dobrý architektonický návrh;
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků;
- prosklené plochy jsou orientovány na jih;
- špičkové zasklení;
- nadstandardní tepelné izolace a vzduchotěsnost domu;
- důsledné řešení tepelných mostů;
- regulace vytápění využívající tepelné zisky;
- strojní větrání s účinnou rekuperací tepla;
- klasický topný systém může zcela chybět;
- měrná potřeba tepla na vytápění je max. 20 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).



2. u budovy užívané orgánem veřejné moci od 1. července 2013 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m<sup>2</sup> a od 1. července 2015 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m<sup>2</sup>;
3. při prodeji budovy nebo ucelené části budovy;
4. pronájmu budovy, od 1. ledna 2016 při pronájmu ucelené části budovy.

Průkaz platí 10 let ode dne jeho vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován, anebo do provedení změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody v této budově.

Průkaz musí být zpracován pouze příslušným energetickým specialistou, který obdržel oprávnění od Ministerstva průmyslu a obchodu, nebo osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie [3].

#### VYHLÁŠKA č. 78/2013 Sb.

Společně s požadavky Směrnice EP a Rady 2010/31/EU zaznamenaly provedení revize celé řady legislativních předpisů. Jedná se zejména o revizi vyhlášky MPO ČR č. 148/2007 Sb., která vyšla k 1. dubnu 2013 ve znění vyhlášky č. 78/2013 Sb. Nová platná vyhláška č. 78/2013 Sb. již nevyužívá k hodnocení kategorizace na energetické třídy dle stejné metodiky jako vyhláška č. 148/2007, ale hodnocení pomocí referenční budovy. Hodnoty tak jsou pro každý objekt jiné, závisí na geometrii každého objektu. Vyhláška stanovuje vzor a obsah PENB s způsobu jeho zpracování, popř. vyvěšení v budově, pokud taková povinnost existuje.

Referenční budova je ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. definována jako:

*„Výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.“*

Referenčními hodnotami jsou zpravidla požadované hodnoty vycházející z aktuálně platných tepelně technických norem. Zjednodušeně lze říct, že referenční budova představuje vyhovující třídu C, budovy lepší spadají do tříd A a B, horší budovy z energetického posouzení vyjdou jako nevyhovující - třídy D až G (celkový počet tříd se v porovnání s již neplatnou vyhláškou č. 148/2007 Sb. nezměnil).

Systém hodnocení podle referenční budovy byl zvolen pro svoji jednoduchost a průhlednost a z důvodů odstranění problémů při hodnocení určitých typů budov (přízemní RD, staré obytné budovy s vyšší konstrukční výškou podlaží apod.)

Zařazení do jednotlivé třídy je pak na základě násobku hodnoty budovy referenční, podrobněji v následující tabulce.

**Tabulka 3** Zařazení budovy do klasifikačních tříd dle vyhlášky 78/2013 Sb.

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	$U_{em}$	
<b>A</b>	$0,50 E_R$	$0,65 E_R$	Mimořádně úsporná
<b>B</b>	$0,75 E_R$	$0,80 E_R$	Velmi úsporná
<b>C</b>	$E_R$		Úsporná
<b>D</b>	$1,5 E_R$		Méně hospodárná
<b>E</b>	$2,0 E_R$		Nehospodárná
<b>F</b>	$2,5 E_R$		Velmi nehospodárná
<b>G</b>			Mimořádně nehospodárná

$E_R$  - kritériální hodnota referenční budovy

Nová budova, dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., vyhoví, pokud hodnoty neobnovitelné primární energie za rok, celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla hodnocená budovy nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu.

Při větší změně dokončené budovy a při jiné než větší změně dokončené budovy, stanovené výpočtem na nákladově optimální úrovni, jsou splněny, pokud neobnovitelná primární energie a průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu, nebo pokud celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu, nebo pokud hodnota součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici pro všechny měněné stavební prvky obálky budovy není vyšší než referenční hodnota tohoto ukazatele energetické náročnosti uvedené v této vyhlášce v tabulce č. 2 přílohy 1.

Ve vyhlášce 78/2013 Sb. jsou parametry a hodnoty referenční budovy stanovené a uvedené tak, aby zajistily ekonomicky optimální úroveň energetické náročnosti budov a prvků budov, vypočtenou pro jejich předpokládaný ekonomický životní cyklus v souladu se srovnávacím metodickým rámcem [4].

**Obrázek 2** Grafická podoba průkazu energetické náročnosti budovy



**Tabulka 4** Parametry a hodnoty referenční budovy (vyhláška č. 78/2013 Sb.)

Parametr	Ozn.	Jednotka	Referenční hodnota		
			Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	$f_R$	-	1,0	0,8	0,7
Průměrný součinitel prostupu tepla jednozónové budovy nebo dílčí zóny vícezónové budovy	$U_{em,R}$	W/(m²·K)	$U_{em,N,20,R}$		
Průměrný součinitel prostupu tepla vícezónové budovy	$U_{em,R}$	W/(m²·K)	$\Sigma U_{em,R,j} \cdot V_j / \Sigma V_j$		
Přirážka na vliv tepelných vazeb	$\Delta U_{em,R}$	W/(m²·K)	0,02		
Vnitřní tepelná kapacita	$c_R$	kJ/(m²·K)	165		
Celková propustnost slunečního záření (solární faktor)	$g_R$	-	0,5		
Činitel clonění aktivními stínícími prvky pro režim chlazení	$F_{sh,R}$	-	0,2		
Vyrobená elektřina	$Q_{el,R}$	kWh	0		
Využitá energie slunečního záření, energie větru a geotermální energie	$Q_{env,R}$	kWh	0		
Vytápění					
Účinnost výroby energie zdrojem tepla	$\eta_{H, \text{ gen},R}$	%	80		
Účinnost distribuce energie na vytápění	$\eta_{H, \text{ dis},R}$	%	85		
Účinnost sdílení energie na vytápění	$\eta_{H, \text{ em},R}$	%	80		
Chlazení					
Chladicí faktor kompresorového zdroje chladu	$EER_{c, \text{ gen},R}$	W/W	2,7		
Chladicí faktor ostatních zdrojů	$EER_{c, \text{ gen},R}$	W/W	0,5		
Účinnost distribuce energie na chlazení	$\eta_{C, \text{ dis},R}$	%	85		

Účinnost distribuce energie na chlazení	$\eta_{C,em,R}$	%	85
Dodaná energie na chlazení pro rodinné a bytové domy (nebo zóny s tímto provozem)	$Q_{fuel,C}$	kWh	0
Větrání			
Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání	$P_{SFPahu,R}$	W·s/m <sup>3</sup>	1750
Účinnost zpětného získávání tepla systému nuceného větrání a s objemovým průtokem větracího vzduchu do 7500 m <sup>3</sup> /hod.	$\eta_{H,hr,R}$	%	60
Účinnost zpětného získávání tepla systému nuceného větrání a s objemovým průtokem větracího vzduchu nad 7500 m <sup>3</sup> /hod.	$\eta_{H,hr,R}$	%	40
Úprava vlhkosti vzduchu			
Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému vlhčení	$\eta_{RH+,gen,R}$	%	70
Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému odvlhčení	$\eta_{RH-,gen,R}$	%	65
Účinnost zpětného získávání vlhkosti systému nuceného větrání	$\eta_{RH,r,R}$	%	0
Příprava teplé vody			
Účinnost zdroje tepla na přípravu teplé vody	$\eta_{W,gen,R}$	%	85
Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztažená k objemu zásobníku v litrech do celkového objemu zásobníku 400 litrů	$Q_{W,st,R}$	Wh/(l·den)	7
Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztažená k objemu zásobníku v litrech nad celkový objem zásobníku 400 litrů	$Q_{W,st,R}$	Wh/(l·den)	5
Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody vztažená k délce rozvodů teplé vody	$Q_{W,dis,R}$	Wh/(l·den)	150
Osvětlení			
Průměrný měrný příkon pro osvětlení pro rodinné a bytové domy vztažený k osvětlenosti zóny	$P_{L,lx,R}$	W/(m <sup>2</sup> ·lx)	0,05
Průměrný měrný příkon pro osvětlení pro ostatní budovy vztažený k osvětlenosti zóny	$P_{L,lx,R}$	W/(m <sup>2</sup> ·lx)	0,1
Činitel závislosti na denním světle	$F_{D,R}$	-	1
Pomocné energie			
Korekční činitel typu oběhového čerpadla	$f_{p,ctl,R}$	-	1

Hodnota  $f_R$  vyjadřuje násobek hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$ , které je dosaženo při použití požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 730540-2 se započtením referenční přírážky na vliv tepelných vazeb  $\Delta U_{em,R}$ . Výchozí hodnota  $f_R = 1,0$  zároveň platí pro dokončené budovy a jejich změny (renovace obálky). U novostaveb je hodnota  $f_R = 0,8$ , což je o 20 % přísnější, u zamýšlených budov s téměř nulovou spotřebou energie je hodnota o 30 % přísnější [5].

**Tabulka 5** Referenční parametry a hodnoty pro měněné stavební prvky obálky budovy (vyhláška č. 78/2013 Sb.)

Parametr	Označení	Jednotka	Referenční hodnota
Součinitel prostupu tepla	$U_R$	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Doporučená hodnota dle ČSN 73 0540-2:2011

**Tabulka 6** Referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy (vyhláška č. 78/2013 Sb.)

Parametr	Ozn.	Jednotka	Referenční hodnota
Účinnost výroby energie zdrojem tepla pro vytápění a/nebo přípravu teplé vody	$\eta_{H,gen,R}$	%	80
Chladicí faktor kompresorového zdroje chladu	$EER_{c,gen,R}$	W/W	2,7
Chladicí faktor ostatních zdrojů chladu	$EER_{c,gen,R}$	W/W	0,5
Topný faktor tepelného čerpadla	$COP_{H,gen,R}$	W/W	3,0
Účinnost zpětného získávání tepla - rovnotlaký systém nuceného větrání	$\eta_{H,hr,ys}$	%	60

**Tabulka 7** Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro ref. budovu (vyhláška č. 78/2013 Sb.)

Parametr	Ozn.	Jednotka	Druh budovy nebo zóny	Referenční hodnota		
				Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu	$\Delta e_{p,R}$	%	Rodinný dům	3	10	25
			Bytový dům	3	10	20
			Ostatní budovy	3	8	10

Dalším parametrem, jež má vliv na ENB, je hodnocení ukazatelů celkové dodané a neobnovitelné primární energie. Ve vyhlášce je tento požadavek konkrétně vyjádřen pomocí snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu. Toto snížení se definuje procentem ze spotřeby primární neobnovitelné energie referenční budovy ( $\Delta e_{p,R}$ ).

### A.1.3 Dle dotačních titulů

V současné době probíhá program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního ČR - Nová zelená úsporám (NZÚ), jež je zaměřen na podporu opatření ke snížení energetické náročnosti budov (rodinných domů), na podporu efektivního využití zdrojů energie v obytných domech a v budovách veřejného sektoru a na podporu výstavby s velmi nízkou energetickou náročností. V pořadí již 3. výzva zahrnuje oblasti podpory A - C.

Výše získané podpory je ovlivněna rozsahem a kvalitou provedených opatření: „čím více opatření vedoucích k úspoře energie žadatel provede, tím vyšší podporu získá.“

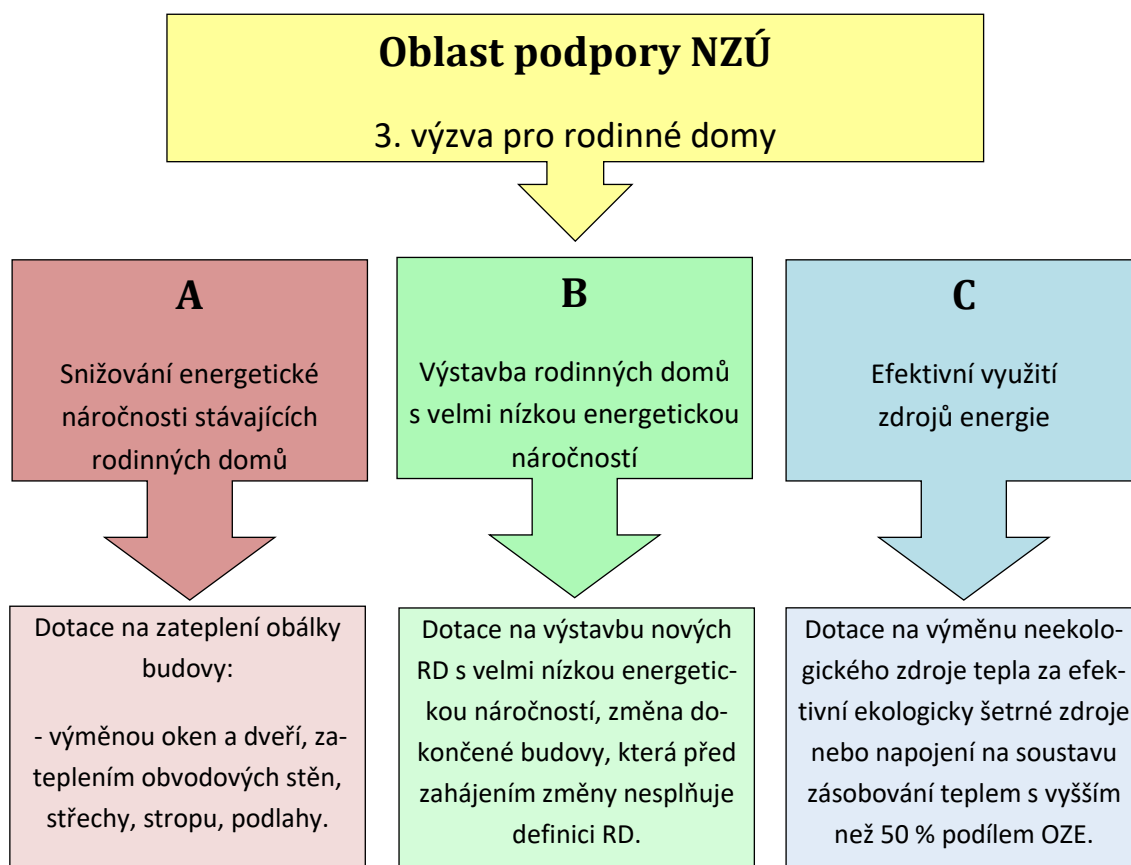
Vedle dotace na podporovaná opatření je možné požádat i o podporu na projektovou přípravu, tedy např. na zpracování projektové dokumentace a energetického hodnocení budovy, na zajištění odborného technického dozoru nebo na zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy (blower door test). O obě podpory je nutné žádat vždy současně.

Celková výše dotace na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů [6].

Zahájení příjmu žádostí: 22. října 2015

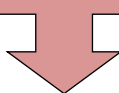
Ukončení příjmu žádostí: vyčerpáním stanovené alokace nebo nejpozději do 31. prosince 2021

Alokace finančních prostředků: dle aktuálních výnosů z prodeje emisních povolenek



## Oblast podpory A

Snižování energetické náročnosti stávajících RD



**A. 0**

**A. 1**

**A. 2**

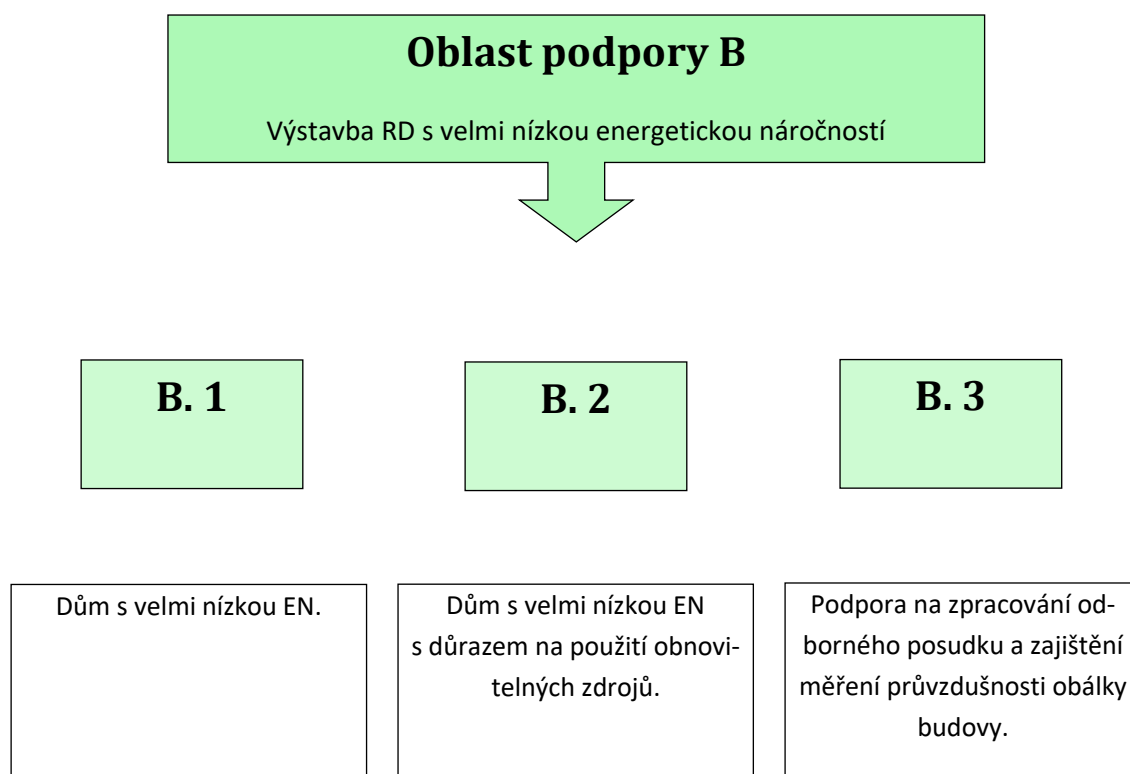
**A. 3**

**A. 4**

V této oblasti podpory jsou podporována opatření prováděná zejména na obálce budovy, která vedou ke snížení energetické náročnosti stávajících rodinných domů, jako je např. zateplení obvodových či vnitřních konstrukcí pomocí tepelněizolačních materiálů, které se stávají trvalou součástí zateplované stavební konstrukce, a výměna výplní stavebních otvorů. Dle dosažených energetických parametrů budovy po realizaci úsporných opatření se oblast podpory A dělí na čtyři hlavní podoblasti podpory prvního řádu: **A.0**, **A.1**, **A.2** a **A.3** [6].

**Tabulka 8** Požadované parametry v oblasti podpory A.

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	$E_A$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	bez požadavku	≤ 90	≤ 55	≤ 35
<b>nebo</b>			<b>nebo</b>		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]		≤ 0,95 $U_{em,R}$	≤ 0,85 $U_{em,R}$	≤ 0,75 $U_{em,R}$
Měněné stavební prvky obálky budovy	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U \leq 0,9 \cdot U_{rec}^{1)}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění $E_A$ oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 % ≥ 10 % <sup>2)</sup>	≥ 40 %	≥ 50 %	≥ 60 %
Povinný systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla splňujícího podmínky pro podoblast podpory C.4 <sup>3)</sup>	[-]	ne	ne	ne	ano <sup>4)</sup>
<b>Poznámky</b> <sup>1)</sup> Jedná-li se o památkově chráněnou budovu dle definice uvedené v kapitole 11 a orgán památkové péče stanovil ve svém písemném stanovisku podmínky určující zvláštní postup při provádění některého z opatření, platí pro danou část opatření požadavek ČSN 730540-2. <sup>2)</sup> Viz kapitola 2.2.4 Zvláštní ustanovení pro památkově chráněné budovy. <sup>3)</sup> Na realizaci tohoto opatření je možné čerpat současně podporu z podoblasti C.4. <sup>4)</sup> Je požadováno doložení splnění podmínek platných pro podoblast podpory C.4 včetně požadavku na průvzdušnost obálky budovy $n_{50}$ a to i v případech, kdy není opatření z podoblasti podpory C.4 předmětem podpory.					



V této oblasti je podporována výstavba nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností a také změna dokončené budovy, která před zahájením změny nesplňuje definici rodinného domu.

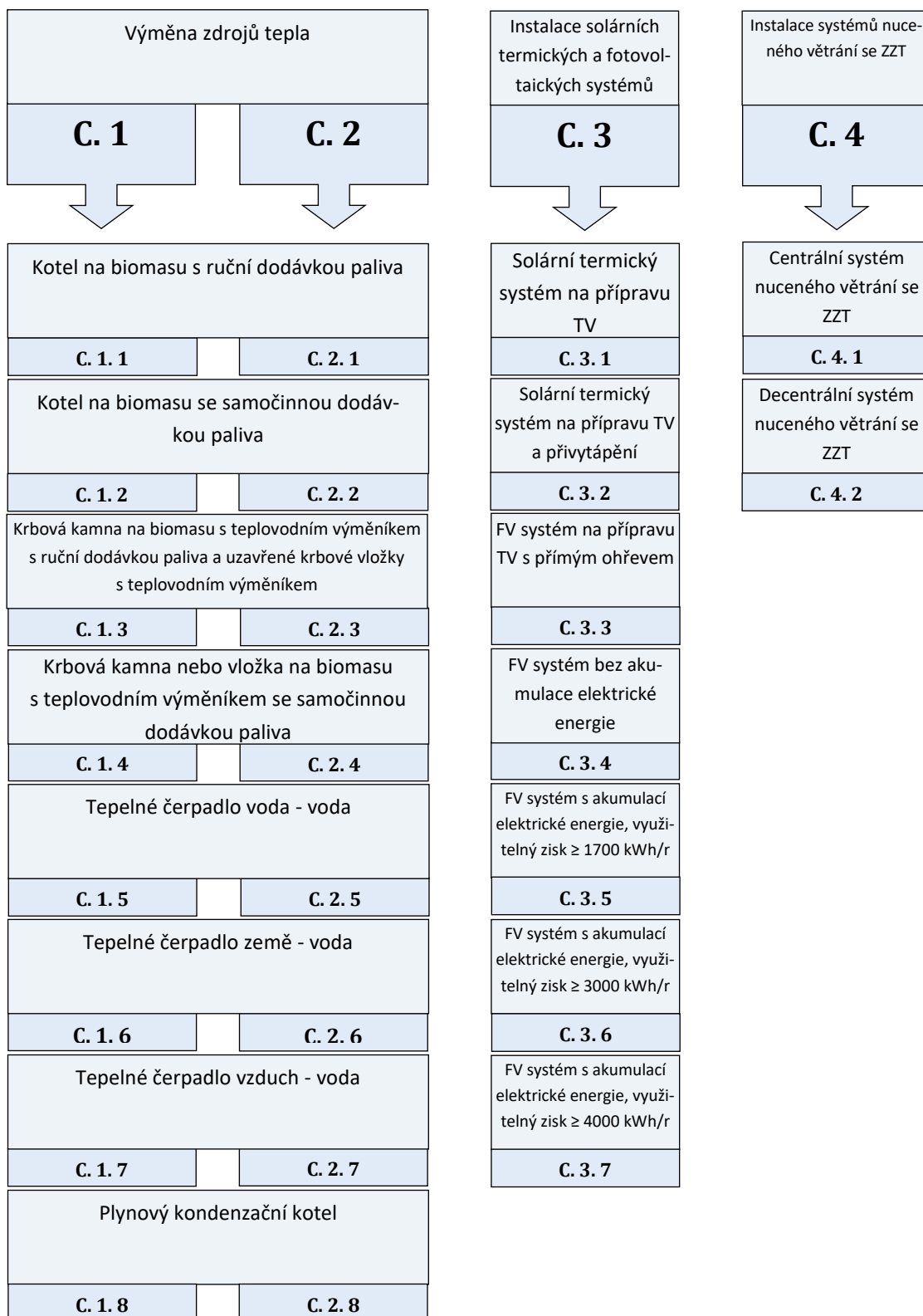
Dle dosažených energetických parametrů budovy se oblast podpory B dělí na dvě podoblasti podpory prvního řádu: **B.1** a **B.2** [6].

**Tabulka 9** Požadované parametry v oblasti podpory B

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	Podoblast podpory B.1	Podoblast podpory B.2
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	$E_A$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≤ 20	≤ 15
Měrná neobnovitelná primární energie	$E_{pNA}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≤ 90	≤ 60
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	≤ $U_{pas}$	≤ $U_{pas}$
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	≤ 0,22	≤ 0,22
Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	≤ 0,6	≤ 0,6
Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období <sup>1)</sup>	$\theta_{ai,max}$ [°C]	≤ $\theta_{ai,max,N}$	≤ $\theta_{ai,max,N}$
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	[-]	Ano	Ano
<b>Poznámka</b> <sup>1)</sup> Bez použití strojního chlazení.			

## Oblast podpory C

Efektivní využití zdrojů energie



V této oblasti jsou podporována opatření, která zajistí efektivní využití energie v rodinných domech.

**Tabulka 10** Požadované parametry v podoblastech podpory C.3.1 a C.3.2

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	bez požadavku	≥ 2200
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≥ 350	≥ 280
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50	bez požadavku
Minimální měrný objem akumulačního zásobníku tepla vztahený k celkové ploše apertury	[l.m <sup>-2</sup> ]	45	45

**Tabulka 11** Požadované parametry v podoblasti podpory C.3.3

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.3
Minimální pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody	[%]	50
Minimální měrný objem akumulačního zásobníku tepla vztahený k instalovanému výkonu solárního systému	[l.kW <sub>p</sub> <sup>-1</sup> ]	≥ 80

**Tabulka 12** Požadované parametry v podoblasti podpory C.3.4, C.3.5, C.3.6 a C.3.7

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.4	C.3.5	C.3.6	C.3.7
Celkový využitelný zisk	$Q_{FV,u}$ [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	≥ 1 700	≥ 1 700	≥ 3 000	≥ 4 000
Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby	[%]	70	70	70	70
Akumulace přebytků energie do teplé vody	-	Povinná	Možná	Možná	Možná
Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulační nádrže	[l.kWp <sup>-1</sup> ]	80 <sup>1)</sup>	-	-	-
Akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů	-	Možná	Povinná	Povinná	Povinná
Minimální měrná kapacita akumulátorů	[kWh.kWp <sup>-1</sup> ]	-	1,75/1,25	1,75/1,25	1,75/1,25
<b>Poznámka</b> <sup>1)</sup> popř. minimálně 120 litrů celkem, viz podmínky pro podoblast podpory C.3.4					

**Tabulka 13** Požadované parametry v podoblasti podpory C.4.1 a C.4.2

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C. 4. 1	C. 4. 2
účinnost zpětného zisku tepla	$\eta$ [%]	75	70
průvzdušnost obálky budovy	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	≤ 2,5	



## A.2 Hlavní parametry mající vliv na ENB

### A.2.1 Zónování budovy, vnitřní mikroklimatické podmínky, včetně návrhových hodnot vnitřního prostředí

Důležitým požadavkem pro hodnocení je odpovídající zónování budovy, tzn. geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části, které se vyznačují specifiky ovlivňující výslednou výši potřeby a spotřeby energie. Jednotlivé zóny je třeba vzájemně odlišit, jinak řečeno vyhodnotit odděleně, zvláště, ovšem za předpokladu vzájemné interakce. Budova, nebo její část je zónou, pokud:

- je zásobována ze stejné skladby energetických systémů budovy;
- požadované teploty pro vytápění se u jednotlivých prostor neliší o více než 4 K;
- všechny prostory nejsou strojně chlazené, nebo všechny prostory jsou strojně chlazené a u jednotlivých prostor se požadované teploty pro chlazení neliší více než o 4 K;
- pokud existuje systém/systémy větrání, tak musí být minimálně 80% podlahové plochy prostor obsluhován jedním systémem větrání (ostatní prostory jsou potom považovány jako obsluhované hlavním systémem větrání).

Podle způsobu využití vyplývají požadavky, které vytvářejí požadavky definující standardizované užívání budovy pro potřeby stanovení energetické náročnosti budovy. V základních požadavcích se jedná o:

- a) vnitřní podmínky provozu budov:
  - rozsah vnitřních provozních teplot;
  - relativní vlhkost;
  - požadavek na výměnu vzduchu na základě měrné jednotky (osoby, m<sup>2</sup>, apod.);
  - typické vnitřní tepelné zisky.
- b) provozní podmínky budovy a jednotlivých energetických systémů budovy:
  - doba využití objektu během dne, týdne a případně delší odstávky v době provozu (vzdělávací a tělovýchovná zařízení, apod.);
  - útlumové provozy;
  - počet osob v zóně budovy.

Výše uvedené dílčí okrajové podmínky výpočtu definují, tzv. standardizované užívání budovy [7].

Standardizovaným užíváním budovy se rozumí užívání v souladu se standardizovanými podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu, které jsou stanoveny v platných technických normách a jiných předpisech. Pokud má část budovy stejný profil užívání, ale liší se v dalších oblastech, jako např. ve stavební části, dispozičního řešení prostor, významné změny řešení obvodových konstrukcí, energetických systémů budovy, způsobu využití energie, apod.

V tomto případě je třeba budovu rozdělit dále na jednotlivé zóny podle výše uvedených požadavků.

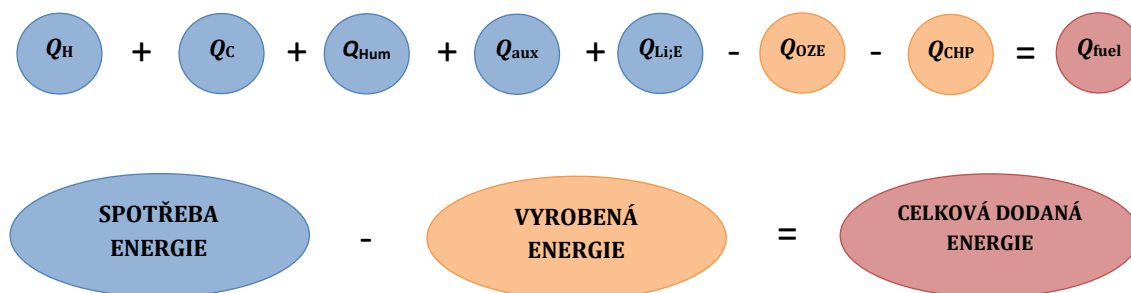
### A.2.2 Zónování budovy, vnitřní mikroklimatické podmínky, včetně návrhových hodnot vnitřního prostředí

Dalším zásadním parametrem, majícím vliv na ENB, je obálka hodnocené budovy a příčky uvnitř budovy. Obálka budovy musí splňovat normové požadavky u jednotlivých obvodových konstrukcí i celkové průměrné hodnoty. Za obálku budovy se považuje soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu. Tyto vlastnosti mohou rovněž zahrnovat průvzdušnost.

### A.2.3 Zónování budovy, vnitřní mikroklimatické podmínky, včetně návrhových hodnot vnitřního prostředí

Potřeba energie je energie potřebná na daný účel vytápění, chlazení, větrání, úpravy relativní vlhkosti vzduchu, přípravy TV a osvětlení za předpokladu 100 % účinnosti všech technických systémů. Jde o teoretickou hodnotu bez vlivu energetických ztrát v technických systémech.

Dodaná energie je předpokládaná celková spotřeba energie na daný účel. Stanoví se jako součet vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Celková dodaná energie je pak součet všech dílčích dodaných energií do budovy [7].

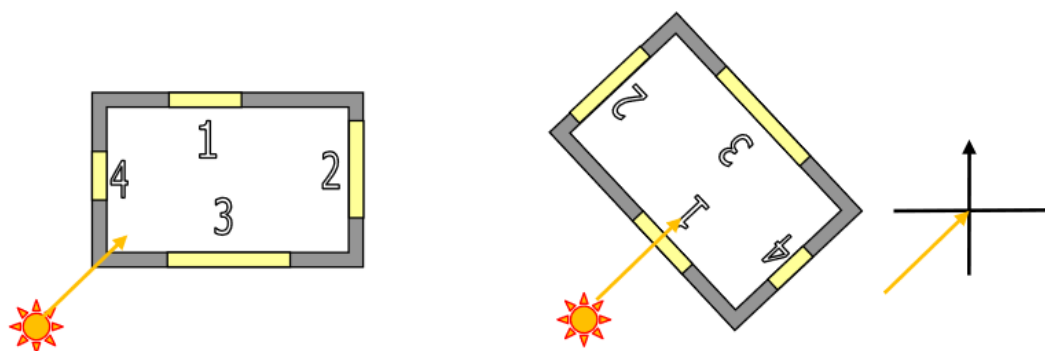


Obrázek 3 Celková dodaná energie

Energie vyrobená = energie vyrobená v zařízeních instalovaných v budově, které využívají obnovitelných zdrojů energie.

### A.2.4 Umístění a orientace budovy, včetně vnějšího klimatu

Orientace budovy vůči světovým stranám má vliv na její tepelnou bilanci. Vhodnou orientací objektu lze zvyšovat/snižovat tepelné solární zisky v důsledku procházející radiace okny [8].



**Obrázek 4** Minimální a maximální zisk procházející radiací okny [9]

### A.2.5 Pasivní solární systémy a protisluneční ochrana

Výhodou pasivních systémů je to, že k provozu nepotřebují žádné další zařízení. Využívá se sluneční záření, které dopadne do interiéru okny nebo jiným prosklením. Systém je třeba navrhnut tak, aby byly zisky co nejlépe využity (např. cirkulací teplého vzduchu z osluněných místností do ostatních částí domu).

Velmi důležité je vyřešení rizika tepelné zátěže během léta (řádné odvětrání, akumulace do stavebních konstrukcí, aj.). V případě orientace prosklených ploch na jih nebo západ se zvyšuje riziko přehřívání interiéru v letních měsících.

Z konstrukčního hlediska se jedná hlavně o zimní zahrady, prosklené fasády, vhodně umístěná velkoformátová okna na stavebách, skleníky a podobné stavby [10].

### A.2.6 Přirozené větrání

Je výměna vzduchu v budově vlivem gravitace a vlivem větru. Princip gravitačního přirozeného větrání je založen na různé hustotě (teplotách) vzduchu uvnitř a vně budovy v důsledku rozdílných teplot vzduchu. Teplý vzduch stoupá vzhůru a chladnější klesá. Při vyšší teplotě vzduchu v místnosti než venku odchází vzduch z místnosti horní částí větracího otvoru a chladný venkovní vzduch je přiváděn spodní částí otvoru. Působení větru na budovu se projevuje tím, že na návětrných stranách budovy mění vítr svoji pohybovou energii na tlakovou a vytváří se přetlak oproti atmosférickému tlaku. Na závětrných stranách vzniká podtlak. Proudění vzduchu do budovy a z budovy je důsledkem těchto tlakových poměrů.

Oba principy se uplatňují v přirozeném větrání staveb, jako jsou:

- infiltrace, exfiltrace;
- provětrávání;
- šachtové větrání;
- aerace (spíše u průmyslových objektů) [11].

### Infiltrace, exfiltrace

Vzduch proniká do/z budovy netěsnostmi v obvodovém plášti (kolem oken, dveří) a jen minimálně vlivem poréznosti použitých stavebních materiálů. Infiltrací se nezajistí celé požadované hygienické minimum na větrání, množství vzduchu je neregulovatelné a velmi proměnné v závislosti na klimatických podmínkách, síle a převládajícím směru větru, umístění a orientaci budovy, podlaží v budově a dalších faktorech. Použitím těsných oken dochází k téměř nulové infiltraci a tento způsob přirozeného větrání není funkční.

### Provětrávání

Základem přirozeného větrání je občasné otevření okna. Problémem je vnikání vnějšího neupraveného vzduchu (neupravená teplota, vlhkost, prašnost) a vnějšího hluku. Jde ze současného pohledu o energeticky velmi náročný způsob větrání (především v zimním období), který je závislý na zvyklostech uživatele daného prostoru.

### Šachtové větrání

Větrací otvor v místnosti je zaústěn do svislého průduchu (šachty, kanálu), kterým se vzduch odvádí většinou nad střechu budovy (využívá se tzv. komínový efekt – i odtah spalin od lokálního spotřebiče funguje jako klasické šachtové větrání). V místnosti vzniká podtlak, kterým je vzduch do místnosti přisáván netěsnostmi nebo větracími otvory.

## **A.3 Požadavky na ENB u nás a v zahraničí**

Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2010/31/EU byla zavedena do českého právního řádu vydáním zákon 318/2012 Sb. o hospodaření energií jako novela zákona 406/2000 Sb. Vydání tohoto zákona má významný dopad na celou oblast stavebnictví. Zákon mění dosavadní přístupy projektantů a stavebníků nejen nových budov, ale i rekonstrukcí stávajících budov. Novela zákona zavádí zcela nové pojmy jako „výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energie“ (Nearly zero-energy buildings NZEB) a navrhování budov podle kritérií na energeticky a ekonomicky optimální úrovni.

Dále evropská norma EN 15217 definuje a popisuje základní principy a rámce vyjádření a výpočtu energetické náročnosti. Energetická náročnost budovy je vyjádřena pomocí globálního indikátoru – ukazatelem energetické náročnosti budovy. Každý členský stát EU si může zvolit globální indikátor z následujících čtyř možností:

- emise CO<sub>2</sub>;
- dodaná energie;
- primární energie;
- celkové náklady na energii [7].

Česká republika se v rámci hodnocení energetické náročnosti budov rozhodla pro hodnocení provozní energie dodané na hranici budovy, tj. energie měřitelné objektovým elektroměrem,

plynoměrem, měřičem tepla. Svázané energie ani produkce CO<sub>2</sub> nejsou předmětem tohoto hodnocení a průkaz energetické náročnosti budov v ČR toto neobsahuje. Vytváří se zde velký prostor pro další metody hodnocení budov, které mohou dané řešení ohodnotit [12].

Tyto metody bývají vyžadovány zahraničními investory, kteří potřebují mít možnost mezinárodního srovnání parametrů budovy. Relativně dobrou zprávou je, že stavby realizované v ČR, které vyhoví technickým požadavkům legislativy a ČSN, mohou dosáhnout bez větší námahy střední klasifikace (např. v BREEAM klasifikace good). Systém BREEAM (British Research Establishment's Environmental Assessment) vznikl před více než 25 lety na půdě Britské výzkumné společnosti (BRE), která funguje dodnes jako certifikační orgán. Na celém světě má certifikát BREEAM cca 200 000 objektů, většinou jde o rodinné domy ve Velké Británii. Systém BREEAM pracuje s národními předpisy, vyžaduje dodržení postupů a požadavků místních norem. Certifikace BREEAM má několik podtypů podle místa a druhu stavby. V našich podmínkách se zatím použil podtyp BREEAM Europe Commercial, který lze aplikovat na objekty administrativní, obchodní a výrobní.

Další velmi rozšířenou metodou pro certifikaci budov je metoda LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Systém LEED vznikl v roce 2000 ve Spojených státech amerických. Systém LEED pracuje s americkými normami ASHRAE (tvůrcem norem je Americká společnost pro vytápění, chlazení a vzduchotechniku). Certifikace LEED má několik podtypů podle druhu stavby. V našich podmínkách se nejčastěji používá podtyp LEED Core & Shell, který je určen pro tzv. spekulativní výstavbu, kdy je více než 50 % ploch určeno k pronájmu. V případě, že je k pronájmu určeno méně než 50 % ploch, se používá podtyp LEED for New Construction. Certifikaci uděluje americký certifikační orgán GBCI (Green Building Certification Institute).

Oba certifikační rámce mají dvě fáze: projekční a realizační. Finální certifikaci lze získat až po završení obou fází. LEED navíc umožňuje pro budovy typu Core & Shell (budovy stavěné za účelem pronájmu, realizuje se pouze kostra a obálka budovy s přípravou na všechny instalace pro variabilní dispozice, které však budou provedeny až pro konkrétního nájemce), na základě doložení zamýšleného záměru projektantem a dodavatelem stavby provést tzv. precertifikaci stavby ještě před jejím dokončením [13].

## **A.4 Cíle práce**

### **A.4.1 Teoretická část DP**

- popsat členění rodinných domů z hlediska energetické náročnosti budovy dle legislativy v ČR;
- seznámit se s dotačními tituly, jež se týkají dotací na rodinné domy;
- popsat jednotlivé parametry, mající vliv na energetickou náročnost budovy;
- seznámit se s požadavky na energetickou náročnost budovy u nás a v zahraničí.

#### **A.4.2 Výpočtová část DP**

- popsat výchozí stav rodinného domu a uvést výchozí údaje o energetických vstupech a výstupech;
- návrh dílčích úsporných opatření, vyčíslení jejich vlivu na úsporu energií a prostou dobu návratnosti;
- ekonomicko-energetické a environmentální vyhodnocení dvou variant opatření vedoucí k optimalizaci rodinného domu;
- výpočet ekonomiky provozu a návratnosti investice;
- návrh systémů TZB vybrané varianty - vzduchotechnika a vytápění;
- průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.;
- definování dílčích závěrů a doporučení pro praxi.

#### **A.4.3 Aplikace výpočetní techniky**

- převést řešený rodinný dům na výpočetní model pomocí programu, který umožňuje hodinový krok výpočtu;
- zadat okrajové podmínky a provést optimalizaci energetické náročnosti budovy (klimatické podmínky, energetický režim budovy apod.);
- vyčíslit vliv variant řešení výstavby rodinného domu na energetickou náročnost budovy;
- optimalizovat umístění přívodních otvorů s využitím metod CFD.

### **A.5 Zvolené metody řešení**

#### **A.5.1 Teoretické řešení**

Řešení, vycházející z potřebných teoretických znalostí, týkajících se zejména:

- energetické náročnosti budovy;
- metodiky výpočtu energetické náročnosti budovy;
- klasifikace rodinných domů do tříd energetické náročnosti;
- průkazu energetické náročnosti budovy;
- zahraničních metod energetického hodnocení budov;
- programů používaných k energetickému hodnocení budov.

## A.5.2 Výpočtové řešení

Řešení, zahrnující využití výpočetní techniky:

- ArchiCAD 18
  - v programu byly vytvořeny veškeré použité výkresy a schémata řešeného objektu rodinného domu.
- PROTECH - TOB 2011
  - v programu byl proveden výpočet tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540 - 2:2011.
- PROTECH - TV
  - v programu byl proveden výpočet tepelných ztrát podle ČSN EN 12 831 pro nepřerušovaný způsob vytápění.
- PROTECH - Průkaz 2013
  - v programu byl proveden výpočet dílčích a celkových potřeb a spotřeb energií a zhotoven PENB dle vyhlášky 78/2013 Sb.
- MS Excel 2013
  - tabulkový procesor, byl použit pro náročnější výpočty a k vytvoření tabulek a grafů.
- MS Word 2013
  - textový procesor, použit k zpracování diplomové práce.

## A.5.3 Aplikace výpočetní techniky

Řešení, zahrnující využití výpočetní techniky:

- DesignBuilder v5
  - ve výpočetním programu byl vytvořen energeticky výpočetní model k optimalizaci řešeného objektu a zadány okrajové podmínky potřebné k vyčíslení spotřeby energie budovy s hodinovým krokem;
  - vyčíslení vlivu orientace ke světovým stranám, stínění a konstrukčních skladeb na ENB;
  - modelování obrazů proudění s využitím metod CFD za účelem zkoumání a zhodnocení vlivu nuceného větrání na vnitřní podmínky v místnosti při čtyřech koncepčních řešeních umístění otvorů pro přívod vzduchu.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**B VÝPOČTOVÁ ČÁST**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Daniela Rodková**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. PAVEL ADAM, Ph.D.**

**BRNO 2018**



# ŘEŠENÝ OBJEKT – RODINNÝ DŮM

## POHLED JIŽNÍ

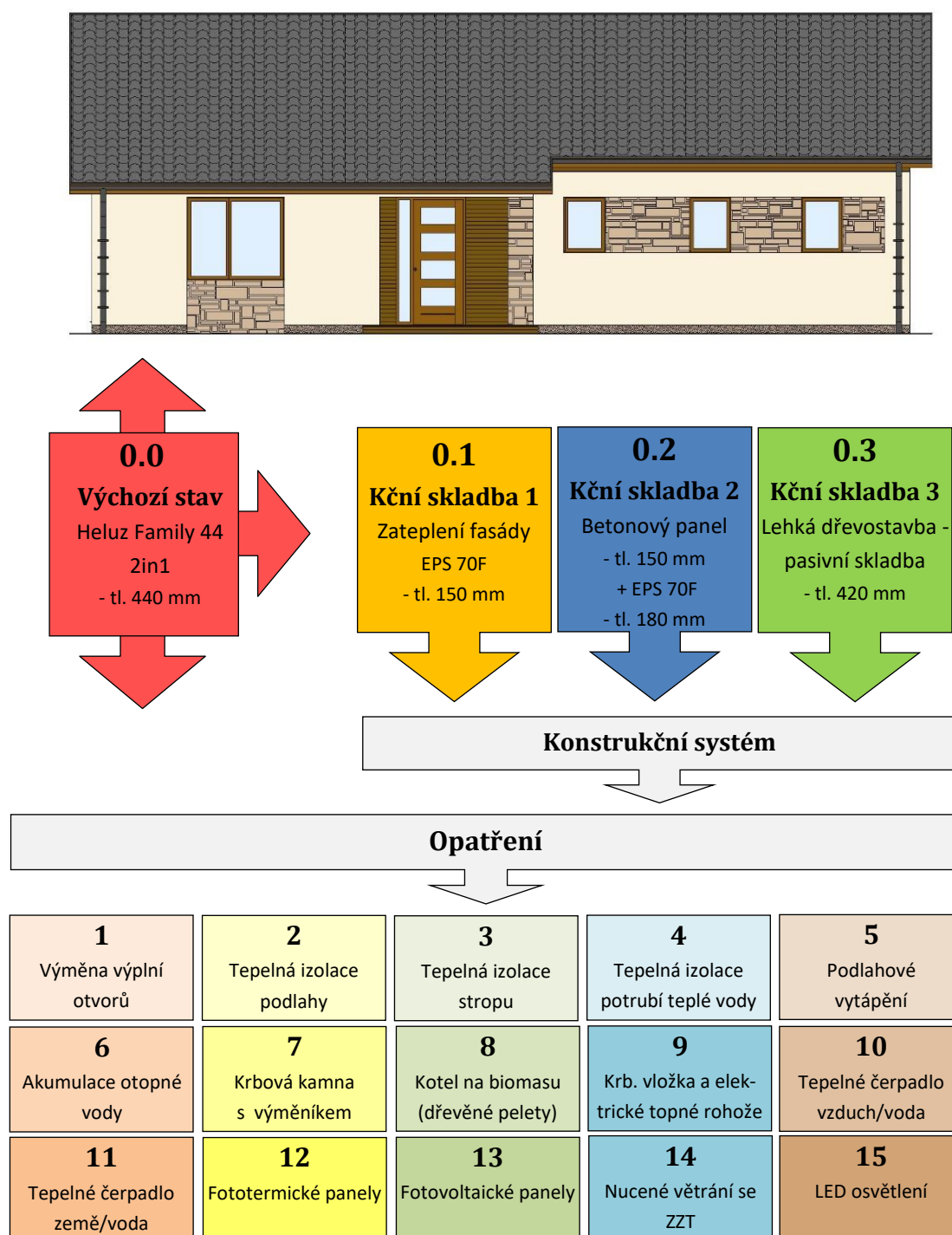


## POHLED SEVERNÍ



## B.1 Energetické hodnocení objektu

Zadáním diplomové práce je energetické hodnocení konkrétního rodinného domu, včetně návrhu a hodnocení úsporných opatření a návrhu systémů TZB. Prioritou byl požadavek na optimalizaci rodinného domu z hlediska energetické náročnosti budovy. Minimální spotřeby energií však nelze dosáhnout pouze konstrukčními materiály obálky budovy či použitím konvenčních zdrojů tepla. Cílem této práce je navrhnout varianty kombinací zdroje tepla a konstrukčního systému obálky budovy, popř. zdroj z obnovitelných zdrojů a následné hodnocení energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb. a hodnocení návrhu úsporných opatření dle vyhlášky 480/2012 Sb.



### B.1.1 Základní popis objektu

Realizace novostavby rodinného domu je zamýšlena v okrese Třebíč v Kraji Vysočina, na pozemku s p. č. 596/20, katastrální území Ratibořice na Moravě [739871]. Situace je znázorněna na obrázku č. 1.

Novostavba je navržena jako samostatně stojící objekt dvou do sebe zapadajících obdélníků. Objekt je navržen jako nepodsklepený, jednopodlažní objekt, zastřešený sedlovou střechou se sklonem 25°. Vstup do rodinného domu je orientován na jihozápad.

Rodinný dům bude sloužit k bydlení, svým dispozičním řešením uspokojí nároky na bydlení 4 - 5 členné rodiny.

Architektonické, funkční a dispoziční řešení rodinného domu viz příloha č. 1 - Zadání rodinného domu.

Pohled severní



Pohled jižní



Pohled východní

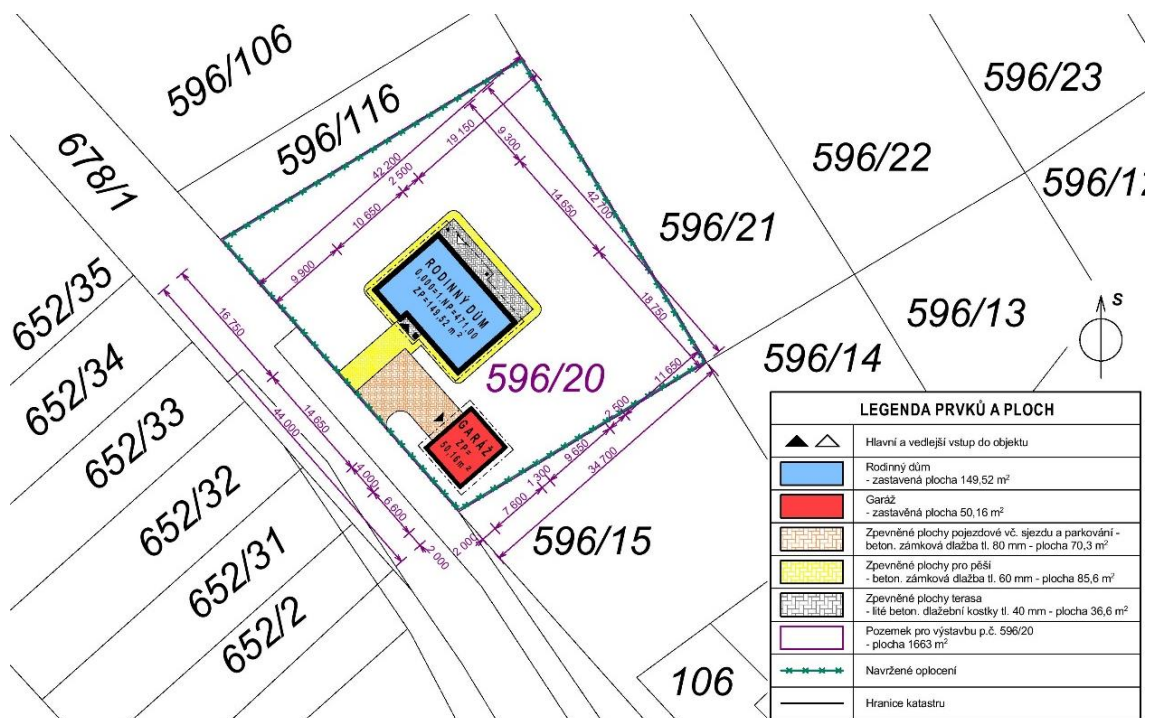


Pohled západní





## B.1.2 Situační plán



Obrázek 5 Zákres zájmové oblasti



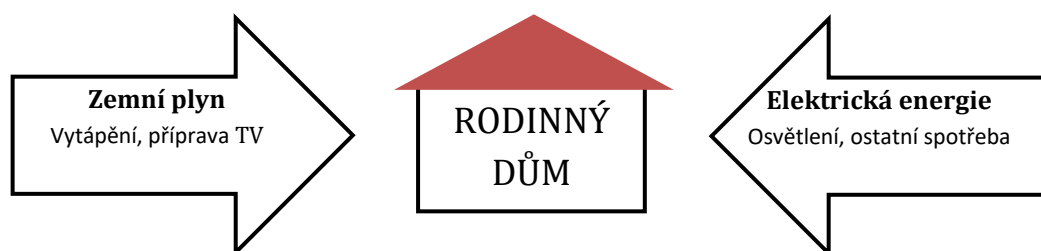
Obrázek 6 Letecký pohled - osazení objektu na terénu

### B.1.3 Údaje o energetických vstupech a výstupech

Jelikož se jedná o objekt, který zatím nebyl realizován, energetické vstupy a výstupy jsou stanoveny na základě sestavení modelu energetické potřeby budovy.

Vstupní energie, které jsou uvažovány ve výchozím stavu:

- Zemní plyn;
- Elektrická energie.



Obrázek 7 Informativní tok uvažovaných energií v budově

#### B.1.3.1 Parametry primárních energetických vstupů

Zemní plyn i elektrická energie jsou uvažovány od dodavatele E. ON Energie, a.s.

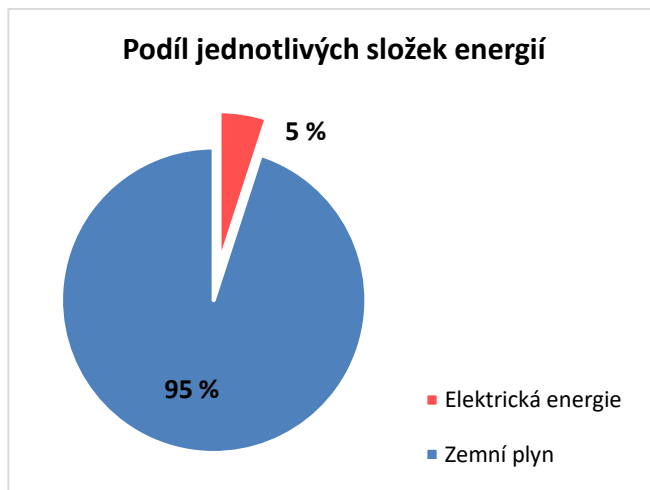
#### B.1.3.2 Soupis základních údajů o energetických vstupech a výstupech

V následující tabulce je uvedený přehled energetických vstupů ve formě nakupovaných a dodávaných energií.

Tabulka 14 Soupis základních údajů o energetických vstupech a výstupech - výchozí stav

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	0,811		0,811	3,001
Teplo	GJ				
Zemní plyn	MWh	15,737		15,737	20,930
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné	GJ/MWh				
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				16,548	23,931
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,000	0,000
<b>Celkem spotřeba paliv a energie</b>				<b>16,548</b>	<b>23,931</b>

Náklady na spotřebované energie na vytápění, přípravu teplé vody, osvětlení a ostatní technologické procesy stanoveny přepočtem jednotkové ceny **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh (Klasik D02d)**, ceny za dodávku zemního plynu a elektrické energie dle dodavatele E. ON.<sup>1</sup>



Graf 1 Podíl jednotlivých složek energií - výchozí stav

## B.1.4 Vlastní energetické zdroje

### B.1.4.1 Základní údaje o vlastních energetických zdrojích

Za výchozí zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je zvolen kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3 s instalovaným výkonem 10 kW a uvažovanou účinností 94 %.

Otopná soustava je teplovodní s nuceným oběhem otopné vody s teplotním spádem 65/50 °C s deskovými otopnými tělesy umístěnými u oken, uvažovaná účinnost sdílení energie na vytápění je 88 %. Vnitřní rozvody tepla nejsou izolované, vedené přímo ve vytápěných místnostech.

Příprava teplé vody je realizována centrálně otopnou vodou z plynového kotle v zásobníkovém ohřivači s výměníkem o objemu 200 litrů. Potrubí teplé vody je izolované tepelnou izolací tloušťky 20 mm.

Zásobník i kotel budou umístěny v technické místnosti v 1.NP, odtah spalin od kotle proveden přes střechu, s odkouřením do komínového tělesa HELUZ, průměr kouřovodu 140 mm.

Osvětlení rodinného domu je realizováno úspornými žárovkami, nejsou instalována pohybová čidla ani stmívače.

---

<sup>1</sup> E.ON: *elektřina a plyn* [online]. Praha: e.on, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/domacnosti/elektrina-a-plyn/ceniky>

V celém objektu rodinného domu je uvažováno přirozené větrání, uvažované intenzita větrání v obytných místnostech  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , v koupelně a kuchyni  $1,5 \text{ h}^{-1}$ .

**Tabulka 15** Stanovení investičních nákladů výchozích energetických zdrojů

<b>Kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>45 000</b>
<b>Zásobníkový ohřívač vody DRAŽICE OKC 200, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>10 000</b>
Obývací pokoj - RADIK VK 21 - 600/1200	[Kč]	3 925
Kuchyň + jídelna - RADIK VK 21 - 600/1200	[Kč]	3 925
Ložnice - RADIK VK 21 - 600/900	[Kč]	3 424
Dětský pokoj - RADIK VK 21 - 600/1000	[Kč]	3 591
Dětský pokoj - RADIK VK 21 - 600/1000	[Kč]	3 591
Chodba - RADIK VK 21 - 600/500	[Kč]	2 756
Koupelna - RADIK VK 21 - 600/400	[Kč]	2 589
WC - RADIK VK 21 - 500/300	[Kč]	2 280
Termostatická hlavice - 8 ks	[Kč]	1 760
Armatura VK - 8 ks	[Kč]	1 600
Svěrné šroubení - 16 ks	[Kč]	688
Potrubí Cu Ø 18 - 100 m	[Kč]	900
Izolace TUBEX 18x10 - 100 m	[Kč]	600
Tvarovky Cu	[Kč]	1 000
Montáž	[Kč]	12 000
<b>Cena za systém vytápění OT celkem + 21 % DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>63 802</b>

Investiční náklady výchozích energetických zdrojů byly stanoveny na základě dostupných podkladů jednotlivých výrobců (VIADRUS a.s., KORADO, a.s. a Družstevní závody Dražice - Strojírna s.r.o.).<sup>2</sup>

V tabulce jsou uvedeny pouze položky, jež přímo souvisí s výpočtem vícenákladů na realizaci jednotlivých opatření.

---

<sup>2</sup> VIADRUS a.s. [online]. Moravská Ostrava a Přívoz: ISSA CZECH, 2013 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://viadrus.cz/>

KORADO [online]. Česká Třebová: KORADO, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/>  
DRAŽICE [online]. Benátky nad Jizerou: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o, 2016 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs>

### B.1.4.2 Balance výroby energie z vlastních zdrojů

**Tabulka 16** Roční balance výroby z vlastního zdroje energie

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	(MW)	
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	(MW)	0,010
3	Výroba elektřiny	(MWh)	
4	Prodej elektřiny	(MWh)	
5	Vlastní technolog. spotřeba elektřiny na výrobu el.	(MWh)	
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/r)	
7	Výroba tepla	(GJ/r)	53,254
8	Dodávka tepla	(GJ/r)	
9	Prodej tepla	(GJ/r)	
10	Vlastní technolog. spotřeba tepla na výrobu tepla	(GJ/r)	
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ/r)	56,653
12	Spotřeba energie v palivu celkem	(GJ/r)	56,653

**Tabulka 17** Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	(%)	94
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	(%)	
3	Roční účinnost výroby tepla	(%)	94
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/MWh)	
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ)	1,064
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	(hod.)	
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	(hod.)	1 479,3

### B.1.4.3 Obnovitelné zdroje energie

Ve výchozím stavu nejsou instalovány obnovitelné zdroje energie.

### B.1.5 Dopad na životní prostředí

Zdrojem tepla pro vytápění a centrální přípravu teplé vody je kondenzační plynový kotel, energonositel zemní plyn. Účinnost kondenzačního plynového kotle je 94 %.

Zdrojem energie pro osvětlení a ostatní spotřebu je elektřina.

Využíváním těchto zdrojů energie vznikají emise, jejichž množství v tunách za rok je uvedeno v následující tabulce pomocí přepočtu emisních faktorů.



**Tabulka 18** Emisní faktory pro stanovení množství emisí a výchozí stav produkce emisí

Parametr	Měrná produkce škodlivin		Výchozí stav
	Elektřina	Zemní plyn	
	[kg/MWh]	[kg/MWh]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,0368	0,0001	0,000031
PM <sub>10</sub>	0,0313	0,0001	0,000027
PM <sub>2,5</sub>	0,0221	0,0001	0,000019
SO <sub>2</sub>	0,8412	0,0001	0,000684
NO <sub>x</sub>	0,5676	0,0194	0,000766
NH <sub>3</sub>	0,0000	0,0000	0,000000
VOC	0,0025	0,0028	0,000046
CO <sub>2</sub>	489	200	3,543979

### B.1.6 Stavebně technické řešení

Obvodové nosné zdivo je uvažováno z keramických tvárnic HELUZ Family 44 2in1 broušená tl. 440 mm, vnitřní nosné zdivo z tvárnic HELUZ 20 broušená tl. 200 mm, vnitřní příčky z příčkovek HELUZ 14 tl. 140 mm. Stavba bude provedena klasickou zděnou technologií, tvárnice budou spojovány pomocí tenkovrstvého lepidla na zdění.

Stropní konstrukce nad 1.NP je řešena sádkartonovým podhledem zavěšeným na rastrové konstrukci, která bude upevněna na příhradových sbíjených dřevěných vaznících. Tepelná izolace stropu je řešena systémem vložením minerální vlny Isover UNI tl. 160 mm mezi dolní pásnice vazníků v kombinaci s vložením minerální vlny Isover UNI tl. 80 mm pod dřevěné vazníky, nad sádkartonovým podhledem vznikne prostor pro instalaci výšky 330 mm.

Konstrukci krovu budou tvořit sedlové příhradové sbíjené dřevěné vazníky se sklonem 25°. Jako střešní krytina bude použita pálená střešní krytina.

Okna a francouzská okna jsou uvažována v plastovém provedení se zasklením tepelně izolačními dvojskly, součinitel prostupu tepla  $U_w = 1,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , všechny otevírané výplně otvorů budou opatřeny čtyřstupňovým kováním (zavření, otevření a sklopení, spárové větrání, mikro ventilace). Vstupní dveře do domu jsou uvažovány plastová, osazované do systémové zárubně, součinitel prostupu tepla  $U_w = 1,50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Vnitřní dveře v domě budou dřevěné, osazené do dřevěných obložkových zárubní, součinitel prostupu tepla do  $U_w = 2,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

V podlaze objektu je navržena tepelná izolace z podlahového polystyrenu EPS 100 tl. 140 mm na základovou desku tl. 150 mm, na kterou je položena hydroizolace.

Základové pasy ze ztraceného bednění jsou zatepleny izolačními deskami z expandovaného polystyrenu Isover EPS Perimetr tl. 50 mm.

**Tabulka 19** Základní údaje budovy, specifikace stavebních konstrukcí

<b>Technické parametry objektu - zóna 1</b>		
Počet podzemních podlaží	[-]	0
Počet nadzemních podlaží	[-]	1
Obestavěný objem upravovaného prostředí (vnější rozměry)	[m <sup>3</sup> ]	505,3
Objem vzduchu (vnitřní rozměry)	[m <sup>3</sup> ]	299,9
Energeticky vztažná plocha objektu (vnější rozměry)	[m <sup>2</sup> ]	146,52
Čistá podlahová plocha místností (vnitřní rozměry)	[m <sup>2</sup> ]	115,36
Konstrukční výška místností (vnější rozměry)	[m]	3,25
Světlá výška místností (vnitřní rozměry)	[m]	2,60
Konstrukce svislé neprůsvitné	[m <sup>2</sup> ]	94,12
Výplně otvorů	[m <sup>2</sup> ]	24,05
Střechy šikmé a ploché	[m <sup>2</sup> ]	109,21
Konstrukce přilehlé k zemině (podlahy)	[m <sup>2</sup> ]	109,21

**Tabulka 20** Stanovení objemového faktoru tvaru objektu

<b>Geometrické parametry objektu</b>		
Celková plocha ochlazovaných konstrukcí na hranici vytápěného prostoru	[m <sup>2</sup> ]	336,6
Objem vytápěné části budovy (vnější rozměry)	[m <sup>3</sup> ]	505,3
Faktor tvaru budovy A/V	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,666

**Tabulka 21** Stanovení investičních nákladů svislých konstrukcí výchozího stavu

Obvodová konstrukce Heluz Family 44 2in1 broušená + překlady, vč. DPH	[Kč]	338 221
Vnitřní nosná stěna Heluz 20 broušená + překlady, vč. DPH	[Kč]	30 313
Vnitřní nenosnou stěnu Heluz 14 + překlady, vč. DPH	[Kč]	36 191
<b>Investiční náklady svislých konstrukcí výchozího stavu celkem, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>404 725</b>

**Tabulka 22** Stanovení investičních nákladů podlahové izolace výchozího stavu

Plocha zateplované podlahy	[m <sup>2</sup> ]	115,36
Měrná cena zateplované konstrukce tl. 140 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	248
<b>Investiční náklady podlahové izolace výchozího stavu celkem, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>28 609</b>

V tabulkách jsou uvedeny pouze položky, jež přímo souvisí s výpočtem vícenákladů na realizaci konstrukčních variant.

Investiční náklady konstrukčního řešení svislých konstrukcí výchozího stavu byly stanoveny pomocí konfigurátoru zdících systému DEKSMART.<sup>3</sup>

Investiční náklady podlahové izolace výchozího stavu byly stanoveny za m<sup>2</sup> tepelné izolace z podkladů výrobce Isover, platný od 15. 3. 2017.<sup>4</sup>

### B.1.7 Zhodnocení výchozího stavu

V souladu se zadáním jsou za posuzovanou soustavu považovány:

1. jednotlivé konstrukční části budovy;
2. zdroje vytápění;
3. zdroje přípravy a rozvody teplé vody;
4. osvětlení budovy.

#### B.1.7.1 Energetická bilance objektu

V následující tabulce je uvedena základní energetická bilance výchozího stavu rodinného domu.

**Tabulka 23** Výchozí roční energetická bilance

ř.	Ukazatel	Energie		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie	59,6	16,5	23,931
2	Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,000
3	Spotřeba paliv a energie (ř. 1 + ř. 2)	59,6	16,5	23,931
4	Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,000
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř. 3 - ř. 4)	59,6	16,5	23,931
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř. 5)	0,0	0,0	0,000
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř. 5)	39,5	11,0	14,586
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř. 5)	0,0	0,0	0,000
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř. 5)	17,2	4,8	6,344
10	Spotřeba energie na větrání (z ř. 5)	0,0	0,0	0,000
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř. 5)	0,0	0,0	0,000
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř. 5)	2,1	0,6	2,150
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř. 5)	0,8	0,2	0,851

<sup>3</sup> DEK: DEKSMART [online]. Praha: DEK, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/konfigurator-rozcestnik/>

<sup>4</sup> Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.isover.cz>

### B.1.7.2 Energetické hodnocení objektu

Výpočet tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí byl proveden pomocí softwaru PROTECH - TOB 2011 - podle ČSN 73 0540 - 2:2011, podrobný popis skladeb konstrukcí a výpočty uvedených tepelně technických vlastností viz příloha č. 2 - Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí.

#### Posouzení tepelně-technických vlastností konstrukcí budovy

Bylo provedeno porovnání součinitelů prostupu tepla konstrukcí budovy s požadovanými hodnotami danými normou ČSN 73 0540-2:2011, které jsou uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 24** Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]

OZN.	POPIS KONSTRUKCE	$U$	$U_{N,20}$	$U \leq U_{N,20}$
		[ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	[ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	
<b>SO1</b>	Stěna vnější (těžká)	<b>0,154</b>	0,300	✓
<b>SN1</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>0,951</b>	2,700	✓
<b>SN2</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	<b>1,205</b>	1,300	✓
<b>SN3</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>1,205</b>	2,700	✓
<b>PDL1</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,260</b>	0,450	✓
<b>PDL2</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,261</b>	0,450	✓
<b>STR1</b>	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	<b>0,156</b>	0,240	✓
<b>DO1</b>	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	<b>1,500</b>	2,470	✓
<b>DO2-6</b>	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	<b>2,000</b>	3,500	✓
<b>OT1-7</b>	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vyt. prostoru do venkovního prostoru	<b>1,100</b>	1,500	✓

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2:2011

$U \leq U_{N,20}$

Posuzované konstrukce výchozího stavu dle požadavku ČSN 73 0540 - 2: 2011 vyhoví požadavkům na tepelně technické vlastnosti.

#### Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla budovy

Dále bylo provedeno hodnocení energetické náročnosti objektu pomocí průměrného součinitele prostupu tepla budovy podle ČSN 73 0540 - 2: 2011.

**Tabulka 25** Průměrný součinitel prostupu tepla objektu

Průměrný součinitel prostupu tepla objektu (ČSN 73 0540 - 2: 2011) - výchozí stav		
$H_i$ - měrná ztráta prostupem	84,04	W/K
$U_{em}$ - průměrný součinitel prostupu tepla	<b>0,25</b>	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rq}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,37	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rc}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,28	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Klasifikační ukazatel CI	<b>0,68</b>	
Klasifikační třída	<b>B</b>	<b>ÚSPORNÁ</b>

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$$U_{em} \leq U_{em,N,r}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla budov vyhovuje požadované hodnotě dle normy ČSN 73 0540 - 7: 2011, hodnota průměrného součinitele prostupu tepla budovy spadá do kategorie **B - úsporná**. Je zde však možné hledat potenciál energetických úspor. Viz příloha č. 3 - Energetický štítek obálky budov.

### Tepelné ztráty budovy

**Tabulka 26** Polohopisné a klimatické návrhové podmínky

Polohopisné a klimatické návrhové podmínky	
Lokalita	Třebíč (Bítovány)
Nadmořská výška	406 m n. m.
Návrhová venkovní teplota v zimním období	-15 °C
Průměrná teplota během otopného období	4,6 °C
Délka otopné sezóny	306 dní
Převažující návrhová vnitřní teplota	20 °C

Měrná tepelná ztráta prostupem výchozího stavu rodinného domu je podle výpočtu  **$H_{Tm} = 84,04$  W/K**.

Celková výchozí tepelná ztráta rodinného domu je  **$\Phi_{HLM} = 5,3$  kW** při návrhové venkovní teplotě -15 °C a průměrné vnitřní teplotě 20 °C.

Potřeba tepla pro vytápění byla provedena výpočtem návrhových tepelných ztrát podle ČSN EN 12 831 pro nepřerušovaný způsob vytápění pomocí softwaru PROTECH - TV, výpočty tepelných ztrát jednotlivých variant všech místností objektu jsou uvedeny v příloze č. 4 - Podrobný výpočet tepelných ztrát objektu.

**Tabulka 27** Přehled tepelných ztrát prostupem a větráním

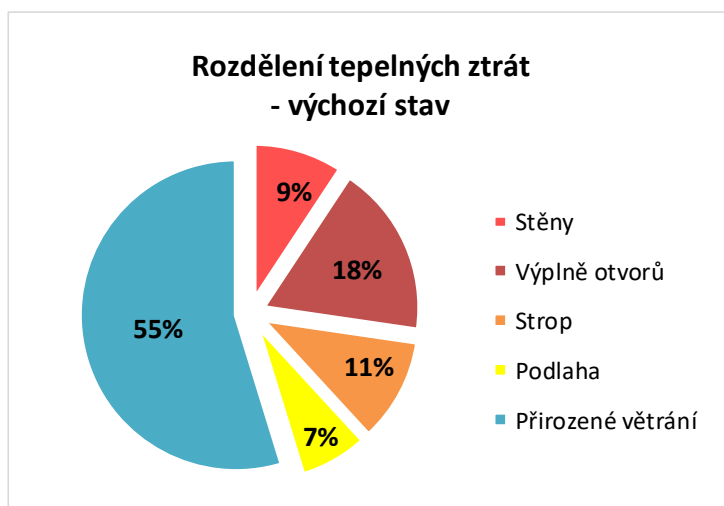
OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA	TEPELNÝ VÝKON MÍSTNOSTI
		$H_{Tm}$	$H_{Vm}$	$\Phi_{Tm}$	$\Phi_{Vm}$	$\Phi_{Hlm}$	$Q_{cm}$
		[W/K]	[W/K]	[W]	[W]	[W]	[W]
<b>1.01</b>	Zádveří	5	4	154	113	267	267
<b>1.02</b>	Tech. místnost	0	6	-14	184	170	170
<b>1.03</b>	Chodba	-6	4	-173	126	0	0
<b>1.04</b>	WC	3	3	95	92	187	187
<b>1.05</b>	Koupelna	10	10	385	391	776	776
<b>1.06</b>	Šatna	1	3	27	94	120	120
<b>1.07</b>	Ložnice	10	5	335	186	521	521
<b>1.08</b>	Dětský pokoj	8	5	272	186	457	457
<b>1.09</b>	Dětský pokoj	8	5	272	186	457	457
<b>1.10</b>	Obývací pokoj	13	8	420	263	683	683
<b>1.11</b>	Kuchyň + jídelna	18	31	633	1 074	1 706	1 706
<b>CELKEM</b>		<b>68</b>	<b>84</b>	<b>2 407</b>	<b>2 892</b>	<b>5 299</b>	<b>5 299</b>

Procentuální podíl jednotlivých konstrukcí, infiltrace a větrání na celkových ztrátách budovy je vyčíslen v následující tabulce a znázorněn na uvedeném grafu.

**Tabulka 28** Procentuální rozdělení tepelných ztrát

Tepelné ztráty - výchozí stav	$\Phi$	Podíl
	[W]	[%]
Stěny	494	9,3 %
Výplně otvorů	958	18,1 %
Strop	579	10,9 %
Podlaha	376	7,1 %
Tepelná ztráta prostupem obálkou	2 407	45,4 %
Tepelná ztráta větráním	2 892	54,6 %
<b>Celková tepelná ztráta objektu</b>	<b>5 299</b>	<b>100 %</b>

Z rozdělení tepelných ztrát vyplývá, kde je možné hledat snížení potřeby tepla na vytápění objektu. Největší podíl na tepelných ztrátách výchozího navrženého řešení objektu má tepelná ztráta přirozeným větráním (55 %). Největší tepelné ztráty prostupem připadají na výplně otvorů (18 %), stropem (11 %) a stěnami (9 %).



**Graf 2** Rozdělení tepelných ztrát - výchozí stav

### B.1.7.3 Souhrn celkových hodnot výchozího stavu

V následující tabulce jsou uvedeny souhrnné hodnoty ukazatelů ENB pro výchozí stav. Požadavky ENB jsou splněny, pokud uvedené hodnoty ukazatelů pro hodnocenou budovu nejsou vyšší než referenční hodnoty ukazatelů ENB pro referenční budovu. Splnění požadavků je hodnoceno podle §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb.

**Tabulka 29** Souhrn celkových hodnot výchozího stavu

Parametr	Hodnocená budova	Referenční budova	Splňuje §6
Celková dodaná energie [GJ/rok]	59,6	86,7	ANO
Neobnovitelné primární energie [GJ/rok]	71,7	121,3	ANO
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0,250	0,294	ANO

### B.1.8 Návrh opatření ke snížení spotřeby energie

Jelikož se jedná o objekt, jehož výstavba zatím neproběhla, navrženým opatřením bude i návrh konstrukčních skladeb svislých konstrukcí, jež jsou uvažovány jako alternativy svislých konstrukcí k výchozímu stavu.

Energeticko-ekonomické hodnocení konstrukčních skladeb je uvažováno z pohledu hledání potenciálu možných energetických úspor v konstrukcích, jež jsou realizovány z rozdílných stavebních materiálů.

V rámci optimalizace objektu a hledání celkového potenciálu možných energetických úspor pak budou navržena technická opatření, jež budou aplikována na výchozí stav i na jeho konstrukční alternativy.

### B.1.8.1 Návrh konstrukčních skladeb objektu

#### Konstrukční skladba 0.1

**Název:** Zateplení obvodové konstrukce výchozího stavu

**Popis:** Obvodového nosné zdivo HELUZ Family 44 2in1 broušená tl. 440 mm doplněno o kompaktní zateplovací systém s tepelnou izolací Isover EPS 70F tl. 150 mm. Vnitřní nosné zdivo HELUZ 20 broušená a příčky HELUZ 14 ponecháno.

Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace  $\lambda_k = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

**Tabulka 30** Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla  $U$  [ $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ]

OZN.	POPIS KONSTRUKCE	$U$	$U_{N,20}$	$U \leq U_{N,20}$
		[ $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ]	[ $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ]	
<b>SO1</b>	Stěna vnější (těžká)	<b>0,110</b>	0,300	✓
<b>SN1</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>0,951</b>	2,700	✓
<b>SN2</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	<b>1,205</b>	1,300	✓
<b>SN3</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>1,205</b>	2,700	✓
<b>PDL1</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,260</b>	0,450	✓
<b>PDL2</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,255</b>	0,450	✓
<b>STR1</b>	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	<b>0,156</b>	0,240	✓
<b>DO1</b>	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	<b>1,500</b>	2,470	✓
<b>DO2-6</b>	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	<b>2,000</b>	3,500	✓
<b>OT1-7</b>	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vyt. prostoru do venkovního prostoru	<b>1,100</b>	1,500	✓

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$U \leq U_{N,20}$

Posuzované konstrukce konstrukční skladby 0.1 vyhoví požadavkům na tepelně technické vlastnosti.

**Tabulka 31** Průměrný součinitel prostupu tepla objektu

Průměrný součinitel prostupu tepla objektu (ČSN 73 0540 - 2: 2011) - kční skladba		
$H_i$ - měrná ztráta postupem	79,65	W/K
$U_{em}$ - průměrný součinitel prostupu tepla	<b>0,24</b>	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rq}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,37	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rc}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,27	W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>Klasifikační ukazatel CI</b>	<b>0,65</b>	
<b>Klasifikační třída</b>	<b>B</b>	<b>ÚSPORNÁ</b>

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$U_{em} \leq U_{em,N,r}$



**Tabulka 32** Stanovení investičních vícenákladů konstrukční skladby 0.1

Plocha zateplení	[m <sup>2</sup> ]	149,64
Měrná cena zateplované konstrukce, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	1 825
Investiční náklady na zateplení, vč. DPH	[Kč]	273 093
<b>Investiční vícenáklady konstrukční skladby 0.1, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>273 093</b>

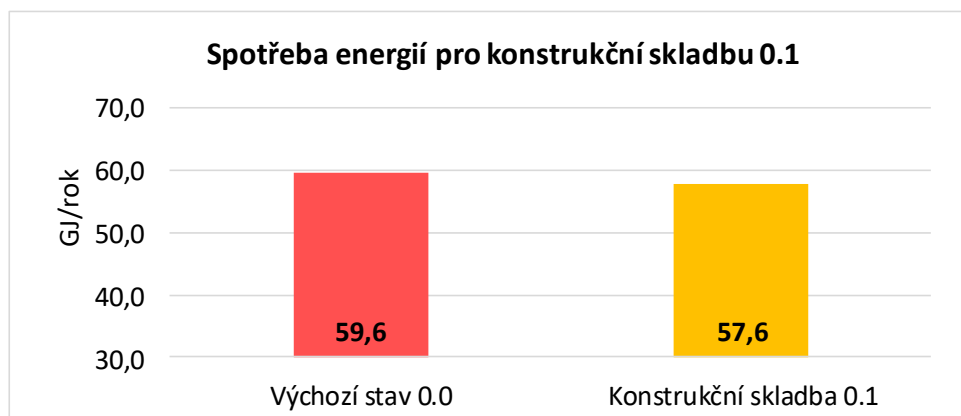
Náklady na zateplení vnějších stěn byly stanoveny propočtem ceny za m<sup>2</sup> zateplení vnějších stěn (cena 1 m<sup>2</sup> zateplení vnějších stěn objektů převážně z EPS - tloušťka izolantu 100 - 150 mm viz cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2017).<sup>5</sup>

Investiční vícenáklady byly stanoveny na základě rozdílu nákladů výchozího stavu 0.0 a konstrukční skladby 0.1.

**Tabulka 33** Energeticko-ekonomické přínosy konstrukční skladby 0.1

<b>Konstrukční skladba 0.1</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční vícenáklady</b>	<b>273 093</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 431	37,6	13 873
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	229	0,8	847
<b>Množství energie pro kční skladbu 0.1 celkem</b>	<b>16 011</b>	<b>57,6</b>	<b>23 214</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro kční skladbu 0.1</b>	<b>16 011</b>	<b>57,6</b>	<b>23 214</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>537</b>	<b>2,0</b>	<b>717</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>381,1</b>		<b>let</b>

<sup>5</sup> *Stavební standardy* [online]. Praha: Copyright RTS, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: [http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu\\_2017.html](http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2017.html)



**Graf 3** Spotřeba energií pro konstrukční skladbu 0.1

Při zateplení obvodové konstrukce dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o **537 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **717 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

## Konstrukční skladba 0.2

**Název:** Prefabrikovaný betonový panel se zateplením - skladba Komfort

**Popis:** Nosný plášť uvažovaný z prefabrikovaného betonového panelu tl. 150 mm, jenž je doplněn o tepelnou izolaci Isover EPS 70F tl. 180 mm (skladba Komfort). Vnitřní nosné zdivo uvažováno z prefabrikovaných betonových panelů tl. 150 mm, vnitřní příčky pak ze stejného materiálu tl. 100 mm.

Vyleštěný povrch forem zaručuje krásný rovný a hladký povrch připravený pro finální nátěry, absence vnitřních omítek.

Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace  $\lambda_k = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Součinitel tepelné vodivosti prefabrikovaných betonových panelů (keramzit beton)  $\lambda_k = 0,230 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

**Tabulka 34** Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla  $U$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]

OZN.	POPIS KONSTRUKCE	$U$	$U_{N,20}$	$U \leq U_{N,20}$
		[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	
<b>SO1</b>	Stěna vnější (těžká)	<b>0,199</b>	0,300	✓
<b>SN1</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>0,794</b>	2,700	✓
<b>SN2</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	<b>1,079</b>	1,300	✓
<b>SN3</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>1,079</b>	2,700	✓
<b>PDL1</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,260</b>	0,450	✓
<b>PDL2</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,255</b>	0,450	✓
<b>STR1</b>	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	<b>0,156</b>	0,240	✓
<b>DO1</b>	Dveřní výplň otvoru z vytáp. prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	<b>1,500</b>	2,470	✓
<b>DO2-6</b>	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	<b>2,000</b>	3,500	✓
<b>OT1-7</b>	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytáp. prostoru do venkovního prostoru	<b>1,100</b>	1,500	✓

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 -2: 2011

$$U \leq U_{N,20}$$

Posuzované konstrukce konstrukční skladby 0.2 vyhoví požadavkům na tepelně technické vlastnosti.

**Tabulka 35** Průměrný součinitel prostupu tepla objektu

<b>Průměrný součinitel prostupu tepla objektu (ČSN 73 0540 - 2: 2011) - kční skladba 0.2</b>		
$H_i$ – měrná ztráta prostupem	88,48	W/K
$U_{em}$ – průměrný součinitel prostupu tepla	<b>0,26</b>	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rq}$ – průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,37	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rc}$ – průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,27	W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>Klasifikační ukazatel CI</b>	<b>0,71</b>	
<b>Klasifikační třída</b>	<b>B</b>	<b>ÚSPORNÁ</b>

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$$U_{em} \leq U_{em,N,r}$$

**Tabulka 36** Stanovení investičních vícenákladů konstrukční skladby 0.2

Plocha obvodové konstrukce	[m <sup>2</sup> ]	149,64
Měrná cena obvodové konstrukce, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	2 021
<b>Investiční náklady na obvodovou konstrukci</b>	<b>[Kč]</b>	<b>302 422</b>
Vnitřní nosná stěna	[m <sup>2</sup> ]	58,86
Měrná cena nosný pref. panel tl. 150 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	987
<b>Investiční náklady na vnitřní nosnou stěnu</b>	<b>[Kč]</b>	<b>58 095</b>
Vnitřní nenosná stěna	[m <sup>2</sup> ]	90,72
Měrná cena nosný pref. panel tl. 100 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	744
<b>Investiční náklady na vnitřní nenosnou stěnu</b>	<b>[Kč]</b>	<b>67 496</b>
<b>Investiční náklady konstrukční skladby 0.2, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>428 013</b>
<b>Investiční vícenáklady konstrukční skladby 0.2, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>23 288</b>

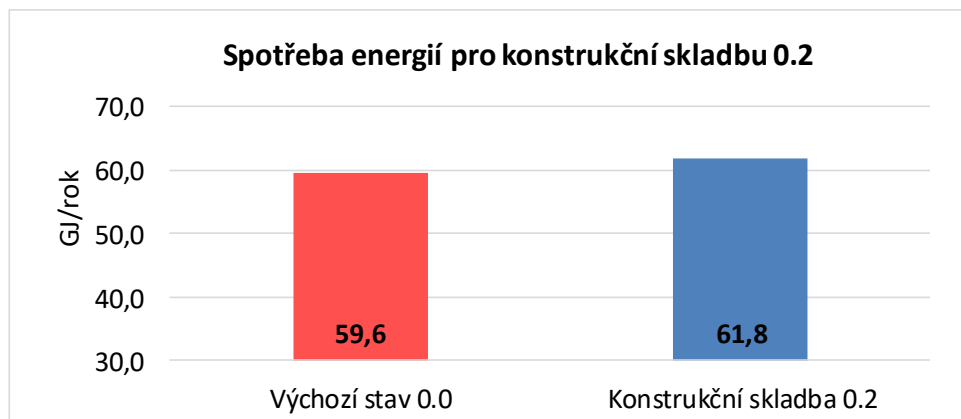
Investiční náklady konstrukčního řešení skladby 0.2 byly stanoveny přepočtem ceny za m<sup>2</sup> stavebního materiálu z podkladů výrobce S.O.K. stavební, s.r.o.<sup>6</sup>

Investiční vícenáklady byly stanoveny na základě rozdílu nákladů výchozího stavu 0.0 a konstrukční skladby 0.2.

**Tabulka 37** Energeticko-ekonomické přínosy konstrukční skladby 0.2

<b>Konstrukční skladba 0.2</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční vícenáklady</b>	<b>23 288</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	11 580	41,7	15 401
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	231	0,8	855
<b>Množství energie pro kční skladbu 0.2 celkem</b>	<b>17 162</b>	<b>61,8</b>	<b>24 750</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro kční skladbu 0.2</b>	<b>17 162</b>	<b>61,8</b>	<b>24 750</b>
Množství energie – prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>-614</b>	<b>-2,2</b>	<b>-819</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>-</b>		<b>let</b>

<sup>6</sup> S.O.K. stavební, s.r.o. [online]. Třebíč: S.O.K. stavební, 2014 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.sok.cz/>



**Graf 4** Spotřeba energií pro konstrukční skladbu 0.2

Při volbě konstrukční skladby 0.2 dojde ke zvýšení spotřeby energie na vytápění o **614 kWh/rok**. To představuje ztrátu provozních nákladů **819 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Konstrukční systém z prefabrikovaných betonových panelů zateplený EPS tl. 180 mm je z energeticko-ekonomického hlediska nevýhodný, není zde doba návratnosti.

### **Konstrukční skladba 0.3**

**Název:** Lehká dřevostavba - skladba Pasiv

**Popis:** Obvodový nosný plášť se sestává ze záklopu ze sádrovláknitých desek fermacell tl. 12,5 mm na KVH hranoly, mezi nimiž je vložena minerální vata tl. 160 mm, ze strany interiéru je konstrukce na desce OSB 3 opatřena parozábranou, izolačním roštem s vloženou minerální vatou tl. 60 mm, zaklopeno sádrovláknitou deskou fermacell tl. 12,5 mm. Konstrukce doplněna o zateplovací systém s tepelnou izolací z fasádního EPS tl. 160 mm. Vnitřní nosné stěny jsou tvořeny ze záklopu z desek fermacell tl. 12,5 mm na KVH hranoly, mezi nimiž je minerální vata tl. 120 mm, příčky se skládají ze sádrovláknitých desek fermacell tl. 12,5 mm na KVH hranoly, s vloženou minerální vatou tl. 60 mm.

**Tabulka 38** Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]

OZN.	POPIS KONSTRUKCE	$U$	$U_{N,20}$	$U \leq U_{N,20}$
		[ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	[ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	
<b>SO1</b>	Stěna vnější (těžká)	<b>0,124</b>	0,300	✓
<b>SN1</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>0,306</b>	2,700	✓
<b>SN2</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	<b>0,555</b>	1,300	✓
<b>SN3</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>0,555</b>	2,700	✓
<b>PDL1</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,260</b>	0,450	✓
<b>PDL2</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,255</b>	0,450	✓
<b>STR1</b>	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	<b>0,156</b>	0,240	✓
<b>DO1</b>	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	<b>1,500</b>	2,470	✓
<b>DO2-6</b>	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	<b>2,000</b>	3,500	✓
<b>OT1-7</b>	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vyt. prostoru do venkovního prostoru	<b>1,100</b>	1,500	✓

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$U \leq U_{N,20}$

Posuzované konstrukce konstrukční skladby 0.3 vyhoví požadavkům na tepelně technické vlastnosti.

**Tabulka 39** Průměrný součinitel prostupu tepla objektu

Průměrný součinitel prostupu tepla objektu (ČSN 73 0540 - 2: 2011) - kčň skladba		
$H_i$ - měrná ztráta prostupem	81,29	W/K
$U_{em}$ - průměrný součinitel prostupu tepla	<b>0,24</b>	$W/(m^2 \cdot K)$
$U_{em,N,rq}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,37	$W/(m^2 \cdot K)$
$U_{em,N,rc}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,28	$W/(m^2 \cdot K)$
<b>Klasifikační ukazatel CI</b>	<b>0,66</b>	
<b>Klasifikační třída</b>	<b>B</b>	<b>ÚSPORNÁ</b>

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$U_{em} \leq U_{em,N,r}$

**Tabulka 40** Stanovení investičních vícenákladů konstrukční skladby 0.3

Plocha obvodové konstrukce	[m <sup>2</sup> ]	149,64
Měrná cena obvodové konstrukce, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	2 650
<b>Investiční náklady na obvodovou konstrukci</b>	<b>[Kč]</b>	<b>396 546</b>
Vnitřní nosná stěna	[m <sup>2</sup> ]	58,86
Měrná cena nosná stěna tl. 150 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	1 012
<b>Investiční náklady na vnitřní nosnou stěnu</b>	<b>[Kč]</b>	<b>59 566</b>
Vnitřní nenosná stěna	[m <sup>2</sup> ]	90,716
Měrná cena nenosná stěna tl. 90 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	828
<b>Investiční náklady na vnitřní nenosnou stěnu</b>	<b>[Kč]</b>	<b>75 113</b>
<b>Investiční náklady konstrukční skladby 0.3, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>531 225</b>
<b>Investiční vícenáklady konstrukční skladby 0.3, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>126 500</b>

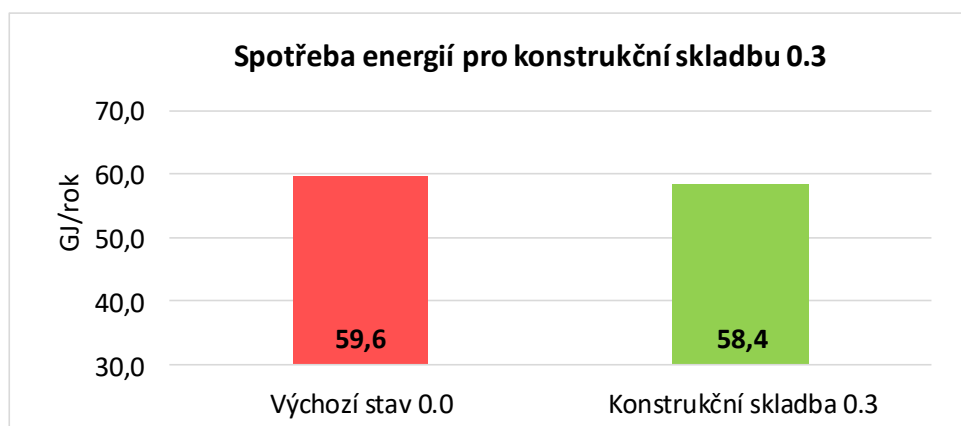
Investiční náklady konstrukčního řešení skladby 0.3 byly stanoveny přepočtem ceny za m<sup>2</sup> stavebního materiálu z podkladů jednotlivých výrobců.<sup>7</sup>

Investiční vícenáklady byly stanoveny na základě rozdílu nákladů výchozího stavu a konstrukční skladby 0.3.

**Tabulka 41** Energeticko-ekonomické přínosy konstrukčního skladby 0.3

<b>Konstrukční skladba 0.3</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční vícenáklady</b>	<b>126 500</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 631	38,3	14 139
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	851
<b>Množství energie celkem pro kční skladbu 0.3</b>	<b>16 212</b>	<b>58,4</b>	<b>23 484</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro kční skladbu 0.3</b>	<b>16 212</b>	<b>58,4</b>	<b>23 484</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>336</b>	<b>1,2</b>	<b>447</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>283,0</b>		<b>let</b>

<sup>7</sup> Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.isover.cz>  
 Fermacell [online]. Praha: Xella Group, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/>  
 Divize Weber, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.weber-terranova.cz/uvod.html>



**Graf 5** Spotřeba energií pro konstrukční skladbu 0.3

Při volbě konstrukčního skladby 0.3 dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o **336 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **447 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

#### B.1.8.2 Návrh technického řešení

Při návrhu technického řešení zamýšlené novostavby rodinného domu se vychází z výchozího stavu technologií a stavebních konstrukcí objektu - viz výchozí stav.

#### Opatření č. 1

**Název:** Výměna výplní otvorů

**Popis:** Uvažovaná plastová okna se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  s izolačními dvojskly budou vyměněna za plastová okna se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  s izolačními trojskly-

Plastové vstupní dveře se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  budou vyměněna za plastové vstupní dveře se součinitelem prostupu tepla  $U_w = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

**Tabulka 42** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 1

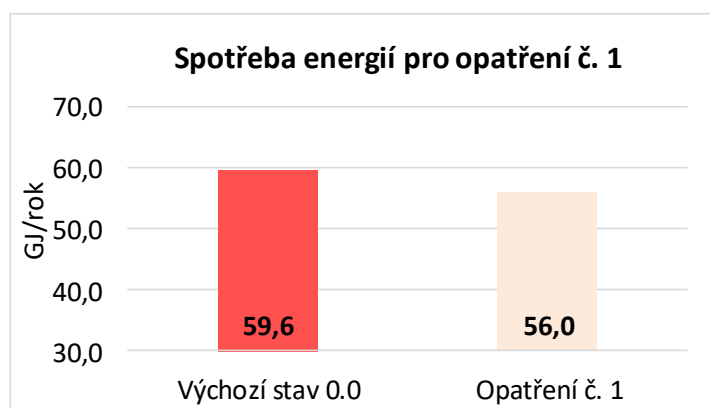
Plocha výplní otvorů	[m <sup>2</sup> ]	21,33
Měrná cena výměny dvojskla za trojsklo, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	350
<b>Investiční náklady na opatření č. 1</b>	<b>[Kč]</b>	<b>7 466</b>

Investiční náklady na opatření č. 1 byly stanoveny z cenového rozdílu za m<sup>2</sup> okna s izolačním trojsklem a s izolačním dvojsklem.



**Tabulka 43** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 1

<b>Opatření č. 1 - výměna výplní otvorů</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>7 466</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	9 985	35,9	13 280
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	229	0,8	847
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 1</b>	<b>15 565</b>	<b>56,0</b>	<b>22 621</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 1</b>	<b>15 565</b>	<b>56,0</b>	<b>22 621</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>983</b>	<b>3,6</b>	<b>1 310</b>
<b>Doba návratnosti <math>T_s</math></b>	<b>5,7</b>		<b>let</b>



**Graf 6** Spotřeba energií pro opatření č. 1

Při výměně výplní otvorů dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o **983 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **1 310 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh a elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

## Opatření č. 2

**Název:** Tepelná izolace podlahy

**Popis:** Stávající izolace podlah z podlahového polystyrenu Isover EPS 100 tl. 140 mm, bude doplněna o 60 mm, celková tloušťka podlahového polystyrenu tedy uvažována Isover EPS 100 tl. 200 mm.

Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace  $\lambda_k = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Důsledkem těchto navržených opatření bude, při ponechání konstrukční výšky objektu, snížení výšky vzduchové mezery, jež je uvažována jako prostor pro instalace, z 330 mm na 270 mm.

**Tabulka 44** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 2

Plocha zatepované podlahy	[m <sup>2</sup> ]	115,36
Měrná cena zatepované konstrukce tl. 200 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	355
<b>Investiční náklady na zatepované kce tl. 200 mm</b>	<b>[Kč]</b>	<b>40 953</b>
Investiční náklady na zatepované kce tl. 140 mm	[Kč]	-28 609
<b>Investiční náklady na opatření č. 2</b>	<b>[Kč]</b>	<b>12 344</b>

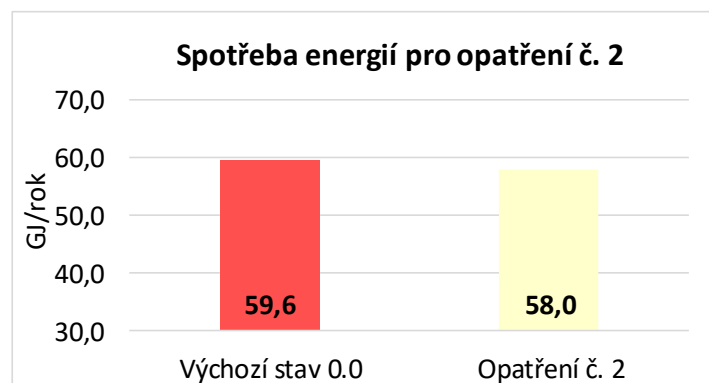
Investiční náklady na opatření č. 2 byly stanoveny z cenového rozdílu za m<sup>2</sup> tepelné izolace tl. 200 mm a tepelné izolace tl. 140 mm, jež je uvažována ve výchozím stavu.

Ceny za m<sup>2</sup> tepelné izolace byly přejaty z ceníku produktů výrobce Isover, platný pro ČR od 15. 3. 2017.<sup>8</sup>

**Tabulka 45** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 2

<b>Opatření č. 2 - tepelná izolace podlahy</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>12 344</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 520	37,9	13 992
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	229	0,8	847
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 2</b>	<b>16 100</b>	<b>58,0</b>	<b>23 333</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 2</b>	<b>16 100</b>	<b>58,0</b>	<b>23 333</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>448</b>	<b>1,6</b>	<b>598</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>20,6</b>		<b>let</b>

<sup>8</sup> Divize Weber, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.weber-terranova.cz/uvod.html>



**Graf 7** Spotřeba energií pro opatření č. 2

Při zateplení podlahy tepelnou izolací o 60 mm silnější dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o **448 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **598 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

### Opatření č. 3

**Název:** Tepelná izolace stropu

**Popis:** Zateplení stropu systémem mezi dolní pásnice vazníků Isover UNI tl. 160 mm a pod vazníky Isover UNI tl. 80 mm bude doplněn o tepelnou izolaci, jež bude provedena nad dolní pásnice vazníků Isover UNI tl. 100 mm.

Součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace  $\lambda_k = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

**Tabulka 46** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 3

Plocha zateplování stropu	[m <sup>2</sup> ]	131,87
Měrná cena zateplování stropu tl. 100 mm, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	121
<b>Investiční náklady na opatření č. 3</b>	<b>[Kč]</b>	<b>15 956</b>

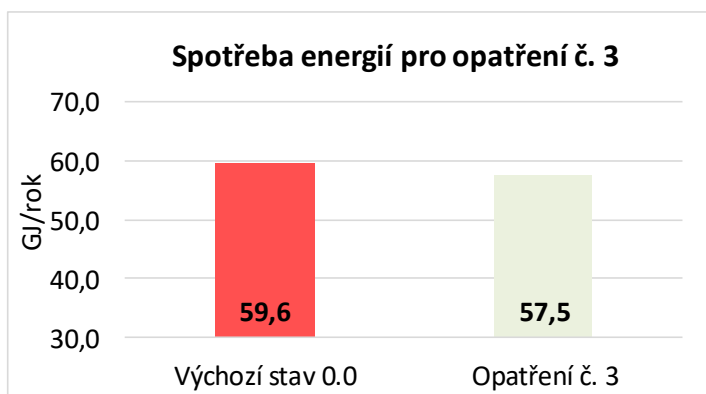
Investiční náklady na opatření č. 3 byly stanoveny z přepočtu nákladů za m<sup>2</sup> tepelné izolace tl. 100 mm na uvažovanou plochu stropní konstrukce s odečtem 10 % plochy (umístění diagonál vazníků).

Ceny za m<sup>2</sup> tepelné izolace byly přejaty z ceníku produktů výrobce Isover, platný pro ČR od 15. 3. 2017.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Divize Weber, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.weber-terranova.cz/uvod.html>

**Tabulka 47** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 3

<b>Opatření č. 3 - tepelná izolace stropu</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>15 956</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 391	37,4	13 820
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	228	0,8	844
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 3</b>	<b>15 970</b>	<b>57,5</b>	<b>23 157</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 3</b>	<b>15 970</b>	<b>57,5</b>	<b>23 157</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>578</b>	<b>2,1</b>	<b>774</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>20,6</b>		<b>let</b>



**Graf 8** Spotřeba energií pro opatření č. 3

Při dodatečném zateplení stropu izolací tl. 100 mm dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o **578 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **774 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

#### Opatření č. 4

**Název:** Tepelná izolace potrubí teplé vody

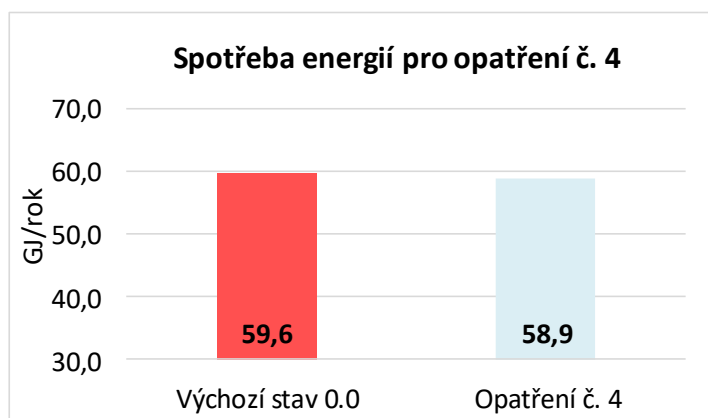
**Popis:** Potrubí teplé vody bude izolováno izolačním pouzdrem Izotub tl. 40 mm.

**Tabulka 48** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 4

Délka potrubí + 5 %	[m]	18
Rozdíl ceny tepelné izolace tl. 20 mm a tl. 40 mm, vč. DPH	[Kč/m]	40
<b>Investiční náklady na opatření č. 4</b>	<b>[Kč]</b>	<b>600</b>

Tabulka 49 Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 4

Opatření č. 4 - tepelná izolace potrubí teplé vody	kWh/r	GJ/r	Kč/r
<b>Investiční náklady</b>	<b>600</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 980	39,5	14 603
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 565	16,4	6 071
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	851
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 4</b>	<b>16 356</b>	<b>58,9</b>	<b>23 676</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 4</b>	<b>16 356</b>	<b>58,9</b>	<b>23 676</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>192</b>	<b>0,7</b>	<b>255</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>2,3</b>		<b>let</b>



Graf 9 Spotřeba energií pro opatření č. 4

Při provedení větší tloušťky tepelné izolace potrubí teplé vody o 20 mm dojde ke snížení spotřeby energie na ohřev teplé vody o **192 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **255 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

## Opatření č. 5

**Název:** Teplovodní podlahové vytápění

**Popis:** Otopná tělesa RADIK VK 21 nahrazena podlahovým vytápěním, systém Top Heating PROFESIONAL, 65 mm anhydritové směsi na AL fólii s rastrem, potrubí PEX 16 x 2 mm.

Účinnost sdílení energie na vytápění teplovodním podlahovým vytápěním je uvažována 83 %.

**Tabulka 50** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 5

Plocha vytápěných místností podlahovým vytápěním	[m <sup>2</sup> ]	85,9
Měrná cena podlahového vytápění, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	500
<b>Investiční náklady podlahového vytápění</b>	<b>[Kč]</b>	<b>42 950</b>
Investiční náklady vytápění deskovými OT, vč. DPH	[Kč]	-63 802
<b>Investiční náklady na opatření č. 5</b>	<b>[Kč]</b>	<b>-20 852</b>

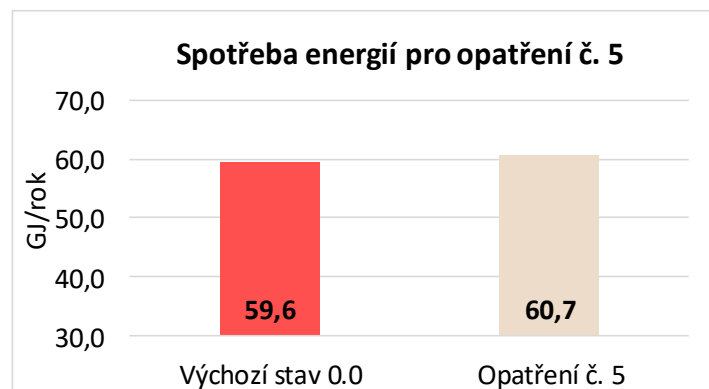
Investiční náklady na opatření č. 5 byly stanoveny rozdílem pořizovacích nákladů na desková otopná tělesa a teplovodního podlahového vytápění.

Orientační ceny za m<sup>2</sup> teplovodního podlahového vytápění dle podkladů výrobce podlahového vytápění Top Heating PROFESIONAL.<sup>10</sup>

**Tabulka 51** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 5

<b>Opatření č. 5 - podlahové vytápění</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>-20 852</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	11 208	40,3	14 907
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	289	1,0	1 069
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 5</b>	<b>16 848</b>	<b>60,7</b>	<b>24 470</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 5</b>	<b>16 848</b>	<b>60,7</b>	<b>24 470</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>-300</b>	<b>-1,1</b>	<b>-539</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>-</b>		<b>let</b>

<sup>10</sup> EUROSystÉMY: Top Heating PROFESIONAL [online]. Praha: EUROSystÉMY GROUP, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.eurosystemy.cz/akcni-nabidky/podlahove-topeni-akce-top-heating.php>



Graf 10 Spotřeba energií pro opatření č. 5

Při distribuci tepla pomocí teplovodního podlahového vytápění dojde ke zvýšení spotřeby energie na vytápění o **300 kWh/rok**. To představuje navýšení provozních nákladů o **539 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Vzhledem k nižším pořizovacím nákladům teplovodního podlahového vytápění oproti deskovým otopným tělesům, bude teplovodní podlahové vytápění 38,7 let v kladné finanční bilanci.

## Opatření č. 6

**Název:** Akumulační nádrž se zásobníkem vody

**Popis:** Vyprodukované teplo je akumulováno do akumulární nádrže o objemu 300 l se dvěma výměníky a s vnitřním zásobníkem teplé vody o objemu 20 l, izolace zásobníku 100 mm.

Tabulka 52 Stanovení investičních nákladů na opatření č. 6

Akumulační nádrž NADO 300/20 v6, vč. DPH	[Kč]	27 500
Zásobníkový ohříváč vody DRAŽICE OKC 200, vč. DPH	[Kč]	-10 000
<b>Investiční náklady na opatření č. 6</b>	<b>[Kč]</b>	<b>17 500</b>

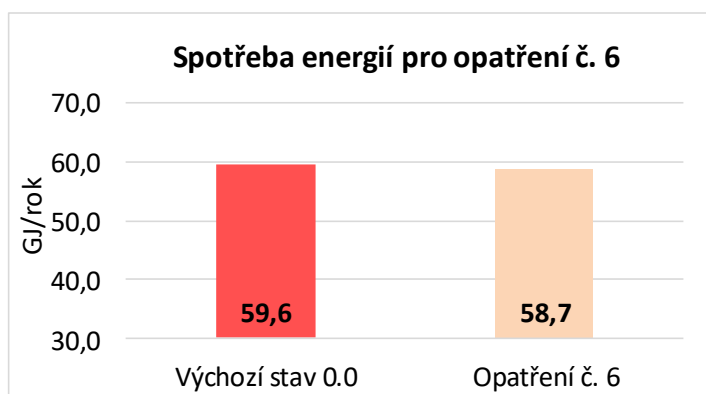
Investiční náklady na opatření č. 6 byly stanoveny jako rozdíl pořizovacích nákladů na akumulátor otopné vody a zásobníkového ohříváče teplé vody, jelikož bude zajištěn průtočný ohřev teplé vody.

Pořizovací náklady akumulární nádoby určeny dle dostupných pokladů výrobce.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> IVT tepelná čerpadla [online]. Praha: IVT, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/>

**Tabulka 53** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 6

<b>Opatření č. 6 - akumulční zásobník otopné vody</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>17 500</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	11 256	40,5	14 970
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 226	15,2	5 621
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	851
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 6</b>	<b>16 293</b>	<b>58,7</b>	<b>23 592</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 6</b>	<b>16 293</b>	<b>58,7</b>	<b>23 592</b>
Množství energie – prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>255</b>	<b>0,9</b>	<b>339</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>51,6</b>		<b>let</b>



**Graf 11** Spotřeba energií pro opatření č. 6

Při použití akumulčního zásobníku otopné vody se dvěma výměníky s průtočným ohřevem teplé vody dojde ke snížení spotřeby energie o **255 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **339 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

## Opatření č. 7

**Název:** Výměna zdroje tepla - krbová kamna s teplovodním výměníkem

**Popis:** Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu teplé vody jsou uvažovaná krbová kamna ESPERA 03 s teplovodním výměníkem a dvojitým prosklením, objem výměníku 28 l, energonositelem je kusové dřevo. Uváděná účinnost zdroje tepla výrobcem 80 %.

Průměrná výhřevnost kusového dřeva 14,8 MJ/kg, cena kusového dřeva je 3 Kč/kg.



Krbová kamna instalována v obývacím pokoji, v tomto případě nutno zajistit odtah spalin od krbových kamen přes střechu, s odkouřením do komínového tělesa HELUZ, průměr kouřovodu 140 mm. Komínové těleso by bylo nově vystavěno v obývacím pokoji.

Příprava teplé vody mimo topnou sezónu je zajištěn elektrickou energií prostřednictvím kombinovaného zásobníkového ohříváče teplé vody, příkon 2,5 kW.

**Tabulka 54** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 7

<b>Krbová kamna ESPERA 03 s výměníkem, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>34 000</b>
Kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3, vč. DPH	[Kč]	-45 000
<b>Investiční náklady na opatření č. 7</b>	<b>[Kč]</b>	<b>-11 000</b>

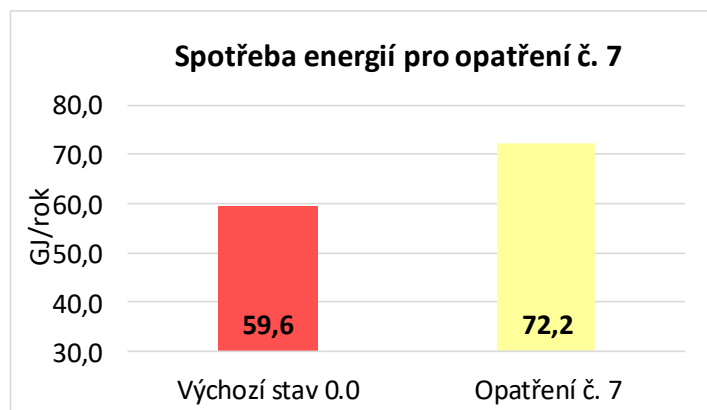
Investiční náklady na opatření č. 7 byly stanoveny z rozdílu pořizovacích nákladů krbových kamen s teplovodním výměníkem a pořizovacích nákladů na zdroj tepla ve výchozím stavu.

Pořizovací náklady na krbová kamna s teplovodním výměníkem určeny dle dostupných pokladů výrobce.<sup>12</sup>

**Tabulka 55** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 7

<b>Opatření č. 7 - krbová kamna s teplovodním výměníkem</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>-11 000</b>		
Množství energie na vytápění (KD)	12 911	46,5	9 422
Množství energie na přípravu TV (KD)	4 084	14,7	2 980
Množství energie na přípravu TV (EE)	2 261	8,1	6 331
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	1 627
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	644
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 7</b>	<b>20 067</b>	<b>72,2</b>	<b>27 200</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 7</b>	<b>20 067</b>	<b>72,2</b>	<b>27 200</b>
Množství energie – prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	33 189
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>-3 519</b>	<b>-12,6</b>	<b>5 989</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>-</b>		<b>let</b>

<sup>12</sup> Romotop [online]. Suchdol nad Odrou: ROMOTOP spol. s r.o., 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.romotop.cz/>



**Graf 12** Spotřeba energií pro opatření č. 7

Při použití krbových kamen s teplovodním výměníkem k vytápění a k přípravě teplé vody v kombinaci s přípravou teplé vody pomocí elektrického kombinovaného zásobníkového ohřívače dojde ke zvýšení spotřeby energie o **3 519 kWh/rok**.

Vzhledem k tomu, že elektrická energie bude použita i pro přípravu teplé vody, bude využitý výhodnější tarif elektrické energie. Díky tomu dojde u úspoře nákladů za energie o **2 928 Kč/rok** při jednotkové ceně **kusového dřeva 3 Kč/kg s výhřevností 14,8 MJ/kg** a výhodnějším tarifu **elektrické energie 2,8 Kč/kWh** (tarif Aku D26d - dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Doba návratnosti bude díky levnějším pořizovacím nákladům na zdroj tepla okamžitá.

## Opatření č. 8

**Název:** Výměna zdroje tepla - kotel na biomasu (dřevěné pelety)

**Popis:** Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je uvažovaný kotel ATMOS DC18SP – zplyňovací kotel na dřevo a pelety, typ D 15 P, energonositelem jsou dřevěné pelety. Uváděná účinnost zdroje tepla výrobcem 90 %, průměrná výhřevnost dřevěných pelet 18 MJ/kg, cena je 5000 Kč/t.

Kotel na biomasu instalován společně se zásobníkem na pelety s automatickým plněním v technické místnosti.

Příprava teplé vody mimo topnou sezónu je zajištěn elektrickou energií prostřednictvím kombinovaného zásobníkového ohřívače teplé vody, příkon 2,5 kW.

**Tabulka 56** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 8

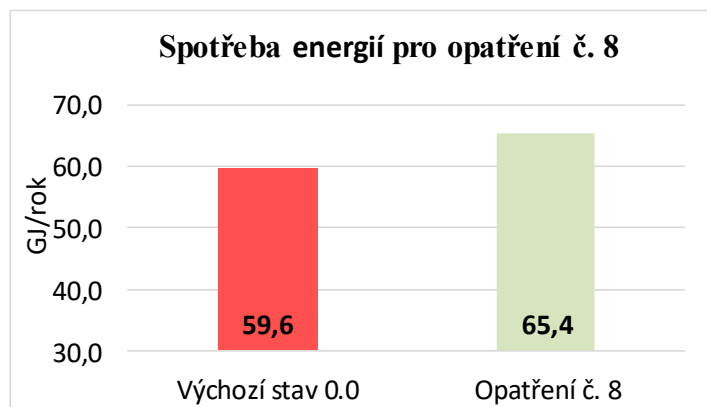
<b>Kotel ATMOS DC18SP, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>60 000</b>
Kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3, vč. DPH	[Kč]	-45 000
<b>Investiční náklady na opatření č. 8</b>	<b>[Kč]</b>	<b>15 000</b>

Investiční náklady na opatření č. 8 byly stanoveny z rozdílu pořizovacích nákladů kotle na biomasu a pořizovacích nákladů na zdroj tepla ve výchozím stavu.

Pořizovací náklady na kotel na biomasu (dřevěné pelety) určeny dle dostupných pokladů výrobce.<sup>13</sup>

**Tabulka 57** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 8

<b>Opatření č. 8 - kotel na biomasu (pelety)</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>15 000</b>		
Množství energie na vytápění (dřevěné pelety)	11 477	41,3	11 477
Množství energie na přípravu TV (dřevěné pelety)	3 630	13,1	3 630
Množství energie na přípravu TV (EE)	2 261	8,1	6 331
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	1 627
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	644
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 8</b>	<b>18 179</b>	<b>65,4</b>	<b>23 709</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 8</b>	<b>18 179</b>	<b>65,4</b>	<b>23 709</b>
Množství energie – prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>-1 631</b>	<b>-5,8</b>	<b>222</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>67,4</b>		<b>let</b>



**Graf 13** Spotřeba energií pro opatření č. 8

Při použití kotle na dřevěné pelety k vytápění a k přípravě teplé vody v kombinaci s přípravou teplé vody pomocí elektrického kombinovaného zásobníkového ohříváče dojde ke zvýšení spotřeby energie o **1 631 kWh/rok**.

Vzhledem k tomu, že elektrická energie bude použita i pro přípravu teplé vody, bude využitý výhodnější tarif elektrické energie. Díky tomu dojde u úspoře nákladů za energie o **222 Kč/rok**

<sup>13</sup> ATMOS [online]. Bělá pod Bezdězem: atmos, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/>

při jednotkové **dřevěných pelet 5000 Kč/t s výhřevností 18 MJ/kg** a výhodnějším tarifu **elektrické energie 2,8 Kč/kWh** (tarif Aku D26d - dodavatel E. ON Energie, a.s.).

## Opatření č. 9

**Název:** Výměna zdroje tepla - krbová vložka a elektrické topné rohože

**Popis:** Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu teplé vody je uvažovaná krbová vložka HEAT 2g 70.50.01, energonositelem je kusové dřevo. Uváděná účinnost zdroje tepla výrobcem 80 %. Průměrná výhřevnost kusového dřeva 14,8 MJ/kg, cena kusového dřeva je 3 Kč/kg.

Krbová vložka instalována v obývacím pokoji, v tomto případě nutno zajistit od-tah spalin od krbových kamen přes střechu, s odkouřením do komínového těle-sa HELUZ, průměr kouřovodu 140 mm. Komínové těleso by bylo nově vystavě-no v obývacím pokoji.

Příprava teplé vody mimo topnou sezónu je zajištěn elektrickou energií pro-střednictvím kombinovaného zásobníkového ohřívače teplé vody, příkon 2,5 kW.

Jako doplňkový zdroj tepla pro vytápění jsou navrženy elektrické topné rohože Ecofloor LDTS - 100 W/m<sup>2</sup>, příkon 0,6 kW.

Účinnost sdílení energie na vytápění elektrickým podlahovým vytápěním 91 %.

**Tabulka 58** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 9

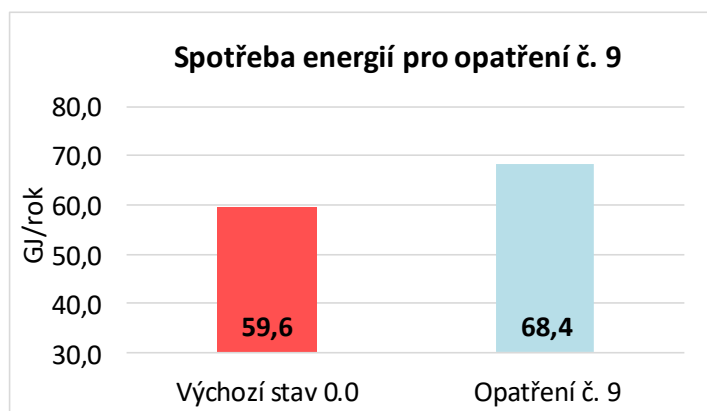
<b>Krbová vložka HEAT 2G 70.50.01, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>30 000</b>
Kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3, vč. DPH	[Kč]	-45 000
Plocha vytápěných místností el. topnými rohožemi	[m <sup>2</sup> ]	85,9
Měrná cena elektrických topných rohoží, vč. DPH	[Kč/m <sup>2</sup> ]	850
<b>Investiční náklady elektrických topných rohoží, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>42 950</b>
Investiční náklady vytápění deskovými OT, vč. DPH	[Kč]	-63 802
<b>Investiční náklady na opatření č. 9</b>	<b>[Kč]</b>	<b>-35 852</b>

Investiční náklady na opatření č. 9 byly stanoveny rozdílem pořizovacích nákladů zdroje tepla ve výchozím stavu s deskovými otopnými tělesy a pořizovacích nákladů krbových vložek v kombinaci s elektrickými topnými rohožemi.

Pořizovací náklady na krbovou vložku a topné rohože byly stanoveny přepočtem měrné ceny za m<sup>2</sup> dle podkladů výrobce.<sup>14</sup>

**Tabulka 59** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 9

<b>Opatření č. 9 - krbová vložka + elektrické topné rohože</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>-35 852</b>		
Množství energie na vytápění (KD)	7 587	27,3	5 536
Množství energie na přípravu TV (KD)	4 084	14,7	2 980
Množství energie na vytápění (EE)	4 259	15,3	9 796
Množství energie na přípravu TV (EE)	2 261	8,1	5 879
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	1 336
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	529
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 9</b>	<b>19 002</b>	<b>68,4</b>	<b>25 378</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 9</b>	<b>19 002</b>	<b>68,4</b>	<b>25 378</b>
Množství energie – prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>-2 454</b>	<b>-8,8</b>	<b>-1 447</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>-</b>		<b>let</b>



**Graf 14** Spotřeba energií pro opatření č. 9

Při použití krbové vložky k vytápění a k přípravě teplé vody v kombinaci s přípravou teplé vody pomocí elektrického zásobníkového ohřívače a vytápění elektrickými topnými rohožemi dojde ke zvýšení spotřeby energie o **2 454 kWh/rok**. To představuje navýšení provozních nákladů

<sup>14</sup> FENIX [online]. Jeseník: FENIX, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z:

<http://www.fenixgroup.cz/cs/topne-kabely-rohoze>

Romotop [online]. Suchdol nad Odrou: ROMOTOP spol. s r.o., 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z:

<https://www.romotop.cz/>

o **1 447 Kč/rok** při jednotkové **kusového dřeva 3 Kč/kg s výhřevností 14,8 MJ/kg** a výhodnějším tarifu **elektrické energie 2,3 Kč/kWh** (tarif Přímotop D47d - dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Vzhledem k tomu, že elektrická energie bude použita pro vytápění i pro přípravu teplé vody, bude využitý výhodnější tarif elektrické energie.

## Opatření č. 10

**Název:** Výměna zdroje tepla - tepelné čerpadlo - vzduch/voda

**Popis:** Pro vytápění objektu a k přípravě teplé vody bylo navrženo tepelné čerpadlo NIBE F2040-8 typ vzduch/voda s celkovým jmenovitým výkonem 7 kW při parametrech A7/W35. Jmenovitý topný faktor COP = 3,5 W/W. Vnitřní jednotka NIBE VVM 320 se zabudovaným ohřívačem vody o objemu 180 l, oběhovými čerpadly, řídicím systémem a vestavěným elektrokotel.

**Tabulka 60** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 10

<b>Tepelné čerpadlo NIBE F2040-6, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>79 000</b>
<b>NIBE VVM 320, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>81 000</b>
<b>Ostatní komponenty, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>10 000</b>
Kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3, vč. DPH	[Kč]	-45 000
Zásobníkový ohřívač vody DRAŽICE OKC 200, vč. DPH	[Kč]	-10 000
<b>Investiční náklady na opatření č. 10</b>	<b>[Kč]</b>	<b>115 000</b>

Investiční náklady na opatření č. 10 byly stanoveny z pořizovacích nákladů na tepelné čerpadlo a vnitřní jednotku se zásobníkem s odečtem pořizovacích nákladů zdroje tepla a zásobníkového ohřívače teplé vody pro výchozí stav, dle podkladů výrobce tepelných čerpadel IVT.<sup>15</sup>

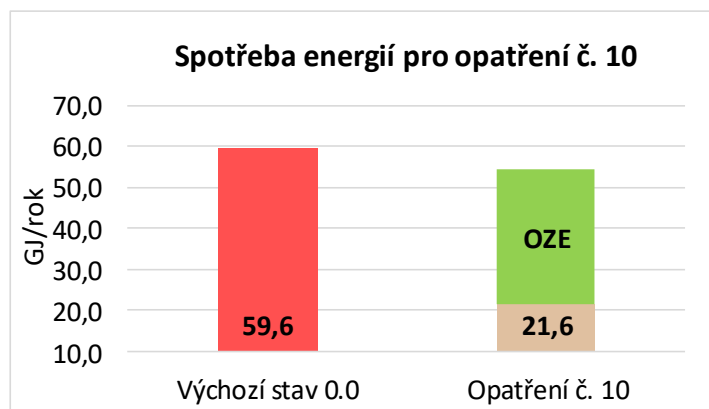
**Tabulka 61** Parametry instalovaného OZE

<b>Tepelné čerpadlo vzduch/voda</b>	<b>ÚT</b>	<b>TV</b>	<b>Celkem</b>	
Jmenovitý výkon tepelného čerpadla	7,0			kW při A7/W35
Průměrná roční účinnost	290,5	245,0	350	%
Spotřeba tepla čerpadlem	3 556	1 621	5 177	kWh/r
Množství dodaného tepla čerpadlem	10 329	3 973	14 302	kWh/r
Doba využití jmenovitého výkonu OZE	1 475,5	567,6	2 043,1	hod

<sup>15</sup> NIBE: Divize NIBE ENERGY SYSTEMS CZ [online]. Benátky nad Jizerou: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o - Tepelná čerpadla NIBE, 2017 [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs>

**Tabulka 62** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 10

<b>Opatření č. 10 - tepelné čerpadlo - vzduch/voda</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>115 000</b>		
Množství energie na vytápění (EE)	3 556	12,8	8 179
Množství energie na přípravu TV (EE)	1 621	5,8	2 156
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 148
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	851
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 10</b>	<b>5 988</b>	<b>21,6</b>	<b>13 772</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 10</b>	<b>5 988</b>	<b>21,6</b>	<b>13 772</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>10 560</b>	<b>38,0</b>	<b>10 159</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>11,3</b>		<b>let</b>



**Graf 15** Spotřeba energií pro opatření č. 10

Při instalaci tepelného čerpadla - vzduch/voda dojde ke snížení spotřeby energie o **10 560 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **10 159 Kč/rok** při výhodnější jednotkové ceně tarifu **elektrické energie 2,3 Kč/kWh** (tarif Přímotop D57d - dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Vzhledem k tomu, že vytápění i příprava teplé vody zajištěno tepelným čerpadlem bude využitý výhodnější tarif elektrické energie.

### **Opatření č. 11**

**Název:** Výměna zdroje tepla - tepelné čerpadlo - země/voda

**Popis:** Tepelné čerpadlo NIBE F1145 - 6 - země/voda se jmenovitým topným výkonem 6,5 kW při parametrech A0/W35. Jmenovitý topný faktor COP = 4,9 W/W. Jednotka se skládá z tepelného čerpadla, doplňkové elektrokotle, stejnosměrných oběhových čerpadel, trojcestného ventilu pro přípravu teplé vody a inteligentního řídicího systém.

Jednotka bude umístěna v technické místnosti společně s akumulací nádobou NADO 300/20 v6 s objemem 300 l, s vnitřním zásobníkem teplé vody a objemu 20 l.

**Tabulka 63** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 11

<b>Tepelné čerpadlo NIBE F1145 – 6, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>165 000</b>
<b>Akumulační nádrž NADO 300/20 v6, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>27 500</b>
<b>Ostatní komponenty, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>10 000</b>
<b>Orientační cena vrtu, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>80 000</b>
Kondenzační plynový kotel Viadrus K4G3, vč. DPH	[Kč]	-45 000
Zásobníkový ohřívač vody DRAŽICE OKC 200, vč. DPH	[Kč]	-10 000
<b>Investiční náklady na opatření č. 11</b>	<b>[Kč]</b>	<b>227 500</b>

Investiční náklady na opatření č. 11 byly stanoveny z pořizovacích nákladů na tepelné čerpadlo a vrtu s odečtem pořizovacích nákladů zdroje tepla a zásobníkového ohřívače teplé vody pro výchozí stav, dle podkladů výrobce tepelných čerpadel IVT.<sup>16</sup>

**Tabulka 64** Parametry instalovaného OZE

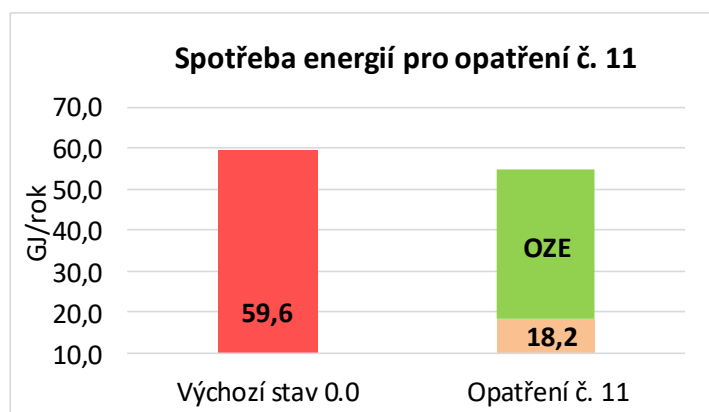
<b>Tepelné čerpadlo země/voda</b>	<b>ÚT</b>	<b>TV</b>	<b>Celkem</b>	
Jmenovitý výkon tepelného čerpadla	6,5			kW při A0/W35
Průměrná roční účinnost	396,9	245,0	490	%
Spotřeba tepla čerpadlem	2 626	1 621	4 247	kWh/r
Množství dodaného tepla čerpadlem	10 422	3 973	14 395/	kWh/r
Doba využití jmenovitého výkonu OZE	1 603,4	611,2	2 214,6	hod

<sup>16</sup> IVT *tepelná čerpadla* [online]. Praha: IVT, 2017 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/>



Tabulka 65 Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 11

Opatření č. 11 - tepelné čerpadlo - země/voda	kWh/r	GJ/r	Kč/r
<b>Investiční náklady</b>	<b>227 500</b>		
Množství energie na vytápění (EE)	2 626	9,5	6 040
Množství energie na přípravu TV (EE)	1 621	5,8	3 728
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	1 336
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	529
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 11</b>	<b>5 058</b>	<b>18,2</b>	<b>11 633</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 11</b>	<b>5 058</b>	<b>18,2</b>	<b>11 633</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>11 490</b>	<b>41,4</b>	<b>12 298</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>18,5</b>		<b>let</b>



Graf 16 Spotřeba energií pro opatření č. 11

Při instalaci tepelného čerpadla - země/voda dojde ke snížení spotřeby energie o **11 490 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních **nákladů 12 298 Kč/rok** při výhodnější jednotkové ceně tarifu **elektrické energie 2,3 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Vzhledem k tomu, že vytápění i přípravu teplé vody zajištěno tepelným čerpadlem bude využitý výhodnější tarif elektrické energie.

## Opatření č. 12

**Název:** Fototermické panely

**Popis:** Systém pro přípravu teplé vody je doplněn o plochý solární kolektor DZD 3000 S s optickou účinností 0,812. Plocha apertury kolektoru = 1,78 m<sup>2</sup>, uvažováno 2 ks, plocha apertury celkem = 3,6 m<sup>2</sup>. Orientace JZ, sklon 30 °.

**Tabulka 66** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 12

<b>Solární komplet DZD S 200, vč. DPH</b>	<b>[Kč]</b>	<b>50 000</b>
<b>Investiční náklady na opatření č. 12</b>	<b>[Kč]</b>	<b>50 000</b>

Investiční náklady na opatření č. 12 byly stanoveny z pořizovacích nákladů na solární komplet DZD S 200, dle podkladů výrobce.<sup>17</sup>

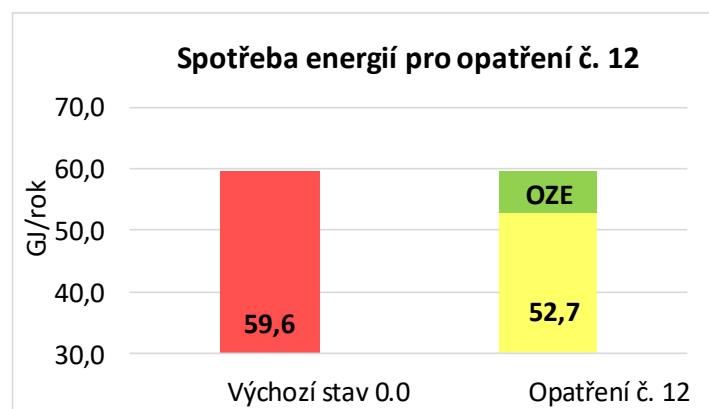
**Tabulka 67** Parametry instalovaného OZE

<b>Fototermické panely</b>	<b>ÚT</b>	<b>TV</b>	<b>Celkem</b>	
Množství energie - zemní plyn	10 988	2 739	13 727	kWh/r
Množství dodané energie solárním panelem	0	1 909	1 909	kWh/r
Množství energie celkem	10 988	4 648	15 636	kWh/r
Solární podíl f	0	0,411		

**Tabulka 68** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 12

<b>Opatření č. 12 - fototermické panely</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>50 000</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 988	39,6	14 614
Množství energie na přípravu TV (ZP)	2 739	9,9	3 643
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	324	1,1	1 199
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 12</b>	<b>14 632</b>	<b>52,7</b>	<b>21 605</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 12</b>	<b>14 632</b>	<b>52,7</b>	<b>21 605</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>1 916</b>	<b>6,9</b>	<b>2 326</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>21,5</b>		<b>let</b>

<sup>17</sup> DRAŽICE [online]. Benátky nad Jizerou: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o, 2016 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.dzd.cz/cs>



**Graf 17** Spotřeba energií pro opatření č. 12

Při doplnění systému pro ohřev teplé vody fototermickými panely dojde ke snížení spotřeby energie o **1 916 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **2 326 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

### Opatření č. 13

**Název:** Fotovoltaické panely

**Popis:** Hybridní solární systém pro minimalizaci odběru elektrické energie z rozvodné sítě. EasySolar 3000VA - 2,3kWp 24V funguje jako centrální jednotka. Přímo na ni se připojí solární zdroj a ostatní součásti systému.

Seznam komponentů hybridního solárního systému:

1x EasySolar 24V / 3000VA / 70-50 MPPT 150/70,

9x Solární panel Amerisolar 255Wp - plocha 14,5 m<sup>2</sup>,

2x Solární batérie Hoppceke 250Ah / 12V,

1x Hlídač stavu BMV-700,

1x Montážny rámeček pro BMV-700,

1x VE. direct kabel 1,8m,

1x Kompletní háková konstrukce pro 9 panelů na šikmou střechu, 3 panely ve třech řadách (hliník, nerez).

**Tabulka 69** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 13

Hybridní solární systém EasySolar 3000VA - 2,3kWp 24V, vč. DPH	[Kč]	160 000
Investiční náklady na opatření č. 13	[Kč]	160 000

Investiční náklady na opatření č. 13 byly stanoveny z pořizovacích nákladů na hybridní solární systém EasySolar 3000VA - 2,3kWp 24V, dle podkladů výrobce.<sup>18</sup>

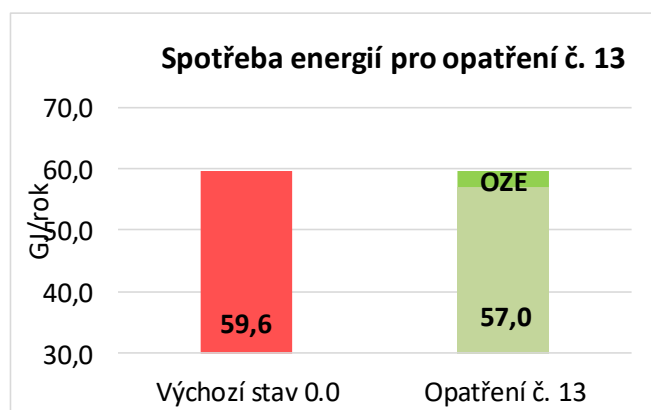
**Tabulka 70** Parametry instalovaného OZE

<b>Fototermické panely</b>	<b>Osvětlení</b>	<b>Pomocné</b>	<b>Celkem</b>	
Množství elektrické energie ze sítě	581	230	811	kWh/r
Množství dodané energie z PV	0	0	- 723	kWh/r
Množství elektrické energie celkem	581	230	88	kWh/r

**Tabulka 71** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 13

<b>Opatření č. 13 - fotovoltaické panely</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>160 000</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	10 988	39,6	14 614
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie pomocné a na osvětlení (EE)	88	0,3	326
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 13</b>	<b>15 846</b>	<b>57,0</b>	<b>21 284</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 13</b>	<b>15 846</b>	<b>57,0</b>	<b>21 284</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>702</b>	<b>2,6</b>	<b>2 647</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>60,4</b>		<b>let</b>

<sup>18</sup> ECO PRODUKT [online]. Kanianka: ECO PRODUKT, 2017 [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: <https://www.ecoproduct.cz/solarni.panely/hybridni.solarni.systemy/hybridni.solarni.system.easysolar.24v.3000va.23kw>



**Graf 18** Spotřeba energií pro opatření č. 13

Při instalaci hybridního solárního systému k výrobě elektrické energie dojde ke snížení spotřeby energie o **702 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **2 647 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně zemního plynu **1,33 Kč/kWh** a elektrické energie **3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

#### **Opatření č. 14**

**Název:** Nucené větrání se zpětným získáváním tepla

**Popis:** Systém nuceného větrání zajišťuje rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500 s účinností rekuperace 84 %.

VZT jednotka umístěna v technické místnosti, nasávání čerstvého vzduchu probíhá přes fasádu objektu, odvod odpadního vzduchu je realizovaný výfukovou hlavicí přes střechu. Distribuce vzduchu je řešena vzduchovody kruhového průřezu umístěným v podhledu objektu, jako koncové prvky v jednotlivých místnostech jsou navrženy vířivé výústky.

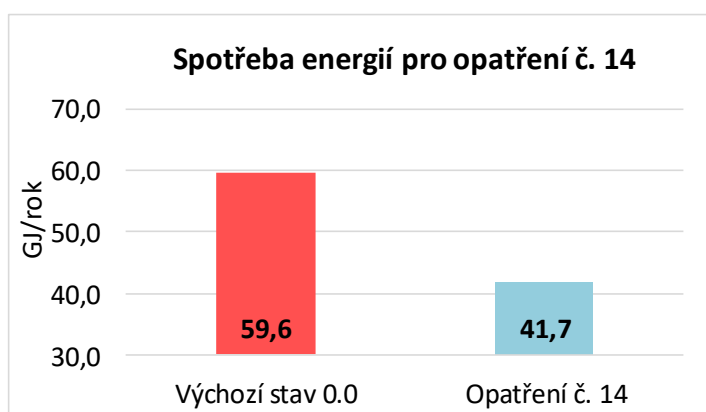
**Tabulka 72** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 14

Rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500, vč. DPH	[Kč]	49 000
Orientační cena ostatních komponent, vč. DPH	[Kč]	26 000
<b>Investiční náklady na opatření č. 14</b>	<b>[Kč]</b>	<b>75 000</b>

Investiční náklady na opatření č. 14 byly stanoveny z pořizovacích nákladů na rekuperační jednotku NIBE ERS 10-500 a odhadem ceny za ostatní komponenty (VZT potrubí, vyústky a ostatní příslušenství), dle podkladů výrobce.<sup>19</sup>

**Tabulka 73** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 14

<b>Opatření č. 14 - nucené větrání se ZZT</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>80 000</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	5 783	20,8	7 691
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	581	2,1	2 150
Množství energie pomocné (EE)	453	1,6	1 676
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 14</b>	<b>11 587</b>	<b>41,7</b>	<b>17 861</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 14</b>	<b>11 587</b>	<b>41,7</b>	<b>17 861</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>4 961</b>	<b>17,9</b>	<b>6 070</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>13,2</b>		<b>let</b>



**Graf 19** Spotřeba energií pro opatření č. 14

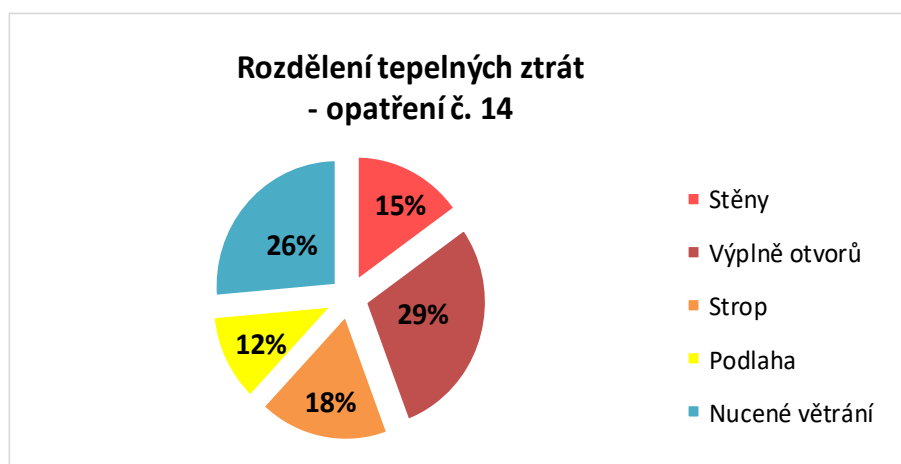
Při instalaci systému nuceného větrání se ZZT s 84 % účinností dojde ke snížení spotřeby energie o **4 961 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **6 070 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).

<sup>19</sup> NIBE: Divize NIBE ENERGY SYSTEMS CZ [online]. Benátky nad Jizerou: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o., 2017 [cit. 2017-12-25]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/rekuperacni-jednotky/rekuperace-ers-10-500>

Z výše uvedeného vyplývá velký potenciál úspory energie v oblasti větrání. Procentuální podíl jednotlivých konstrukcí a větrání na celkových ztrátách budovy při instalaci systému nuceného větrání se ZZT je vyčíslen v následující tabulce a znázorněn na uvedeném grafu.

**Tabulka 74** Procentuální rozdělení tepelných ztrát při použití ZZT

Tepelné ztráty - opatření č. 14	$\Phi$	Podíl
	[W]	[%]
Stěny	494	15,1 %
Výplně otvorů	958	29,2 %
Střecha	579	17,7 %
Podlaha	380	11,6 %
Tepelná ztráta prostupem obálkou	2 411	73,6 %
Tepelná ztráta větráním	8 66	26,4 %
<b>Celková tepelná ztráta objektu</b>	<b>3 277</b>	<b>100 %</b>



**Graf 20** Rozdělení tepelných ztrát - opatření č. 14

Při instalaci vzduchotechnické jednotky se ZZT s účinností 84 % dojde k poklesu tepelných ztrát větráním v celkové bilanci tepelných ztrát o 29 %.

### Opatření č. 15

**Název:** Výměna osvětlení - LED osvětlení

**Popis:** Přímé osvětlení úspornými žárovkami vyměněno za osvětlení s automatickým ovládáním prostřednictvím fotobuňky se snímáním s LED žárovkami.

Průměrný měrný příkon úsporných žárovek  $p_{L, lx} = 0,05 \text{ W/m}^2 \cdot lx$

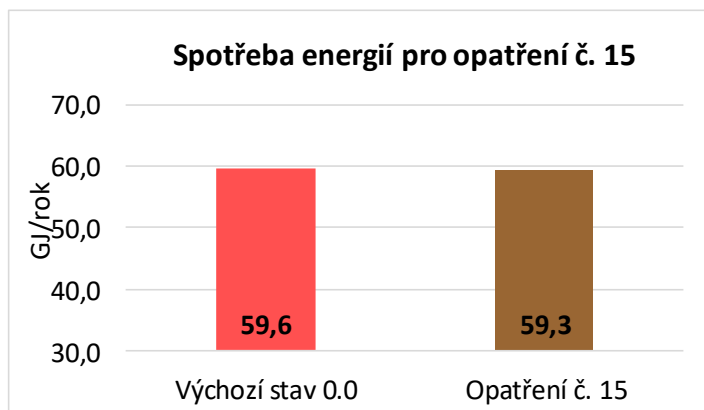
Průměrný měrný příkon LED žárovek  $p_{L, lx} = 0,02 \text{ W/m}^2 \cdot lx$

**Tabulka 75** Stanovení investičních nákladů na opatření č. 15

Počet LED žárovek	[ks]	13
Cenový rozdíl žárovka - LED žárovka, vč. DPH	[Kč/ks]	250
<b>Investiční náklady na opatření č. 15</b>	<b>[Kč]</b>	<b>3 250</b>

**Tabulka 76** Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 15

<b>Opatření č. 15 - LED osvětlení</b>	<b>kWh/r</b>	<b>GJ/r</b>	<b>Kč/r</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>3 250</b>		
Množství energie na vytápění (ZP)	11 293	40,7	15 092
Množství energie na přípravu TV (ZP)	4 770	17,2	6 344
Množství energie na osvětlení (EE)	186	0,7	688
Množství energie pomocné (EE)	230	0,8	851
<b>Množství energie celkem pro opatření č. 15</b>	<b>16 479</b>	<b>59,3</b>	<b>22 903</b>
Mzdy	-	-	-
Ztráty	-	-	-
Ostatní	-	-	-
<b>Celkové provozní náklady pro opatření č. 15</b>	<b>16 479</b>	<b>59,3</b>	<b>22 903</b>
Množství energie - prodej	0	0	0
Množství energie a provozní náklady pro výchozí stav	16 548	59,6	23 931
<b>Úspora tepelné energie</b>	<b>69</b>	<b>0,3</b>	<b>1 028</b>
<b>Doba návratnosti T<sub>s</sub></b>	<b>3,2</b>		<b>let</b>



**Graf 21** Spotřeba energií pro opatření č. 15

Při výměně klasických 60 W žárovek za LED žárovky 10 W dojde ke snížení spotřeby energie o **69 kWh/rok**. To představuje úsporu provozních nákladů **1 028 Kč/rok** při stávající jednotkové ceně **zemního plynu 1,33 Kč/kWh** a **elektrické energie 3,7 Kč/kWh** (dodavatel E. ON Energie, a.s.).



### B.1.8.3 Souhrn navržených opatření

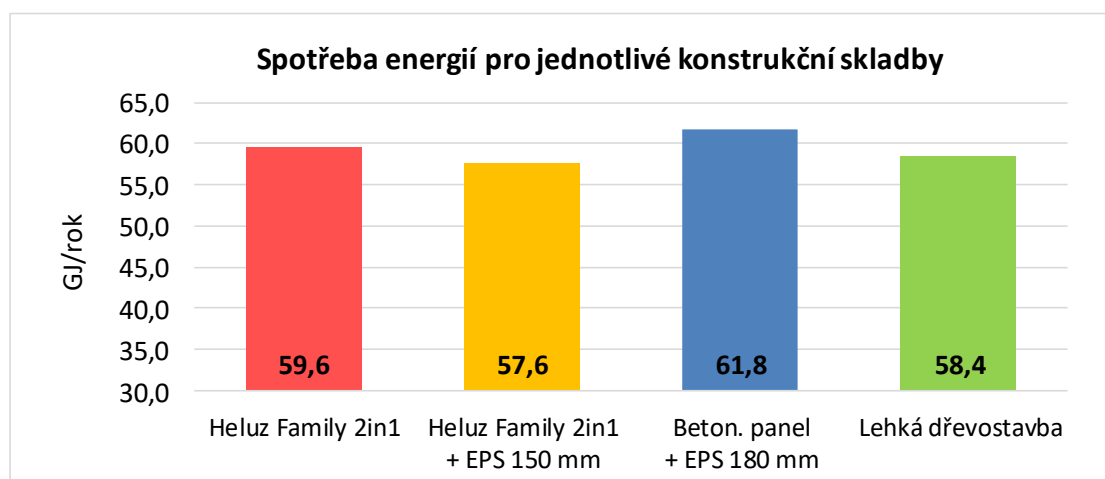
#### Souhrn navržených konstrukčních skladeb

V následující tabulce je uvedeno přehledné shrnutí investičních vícenákladů na realizaci alternativ konstrukčních skladeb a předpokládaných úspor energie pro jednotlivé konstrukční systémy ve srovnání s výchozím stavem.

Tabulka 77 Souhrn navržených konstrukčních skladeb

Ozn.	Název	Investiční vícenáklady	Celková spotřeba energie	Úspory		Doba návratnosti $T_s$	NZEB
		[tis. Kč]	[GJ/r]	[GJ/r]	[tis. Kč/r]	[let]	
0.1	Kční skladba 0.1	273,093	57,6	2,0	0,717	381,1	✓
0.2	Kční skladba 0.2	xxx	61,8	-2,2	-0,819	-	x
0.3	Kční skladba 0.3	126 500	58,4	1,2	0,447	283,0	✓

NZEB - nearly zero-energy building - budova s téměř nulovou spotřebou energie s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.<sup>20</sup>



Graf 22 Spotřeba energií pro jednotlivé konstrukční skladby

Broušené cihly HELUZ FAMILY 2in1, jejichž dutiny jsou vyplněny polystyrénem, splňují bez dodatečného zateplení doporučené hodnoty pro pasivní domy.

Jak ukazuje výše uvedená tabulka, dodatečným zateplením tvárnic polystyrénem tloušťky 150 mm dojde k úspoře energie, ale z hlediska ekonomiky je toto řešení ve srovnání s výchozím stavem nevýhodné, jelikož prostá doba návratnosti je vyšší jako deklarované životnost samotné tepelné izolace.

<sup>20</sup> Zákon 406/2006 Sb., o hospodaření energií

Prefabrikovaná konstrukce z betonových panelů, jež jsou opatřeny tepelnou izolací tl. 180 mm, má tepelně technické vlastnosti horší nežli broušené cihly. Tento konstrukční systém je ve srovnání s výchozím stavem ekonomicky i energeticky nevýhodný.

Zvolené skladba lehké dřevostavby má lepší tepelně technické vlastnosti nežli broušené cihly vyplněné polystyrénem, ale pořizovací náklady na konstrukční systém jsou vyšší. Prostá doba návratnosti je vyšší jako samotná životnost konstrukčního materiálu, konstrukční systém je z ekonomického hlediska nevýhodný.

Podrobnějšímu řešení konstrukčních skladeb a vyčíslení jejich vlivu na energetickou náročnost budovy se věnuje část C této práce.

### Souhrn navrženého technického řešení

V následující tabulce je uvedeno přehledné shrnutí investičních nákladů na realizaci opatření a předpokládaných úspor energie a prostá doba návratnosti u jednotlivých opatření pro výchozí stav.

**Tabulka 78** Souhrn navržených opatření pro výchozí stav

Ozn.	Název	Investiční náklady	Celková spotřeba energie	Úspory energie		Doba návratnosti $T_s$	NZEB
		[tis. Kč]	[GJ/r]	[GJ/r]	[tis. Kč/r]	[let]	
1	Výměna výplní otvorů	7,466	58,4	3,6	1,310	<b>5,7</b>	✓
2	Tepelná izolace podlahy	12,344	58,0	1,6	0,598	<b>20,6</b>	✓
3	Tepelná izolace stropu	15,956	57,5	2,1	0,774	<b>20,6</b>	✓
4	Tepelná izolace potrubí TV	0,600	58,9	0,7	0,255	<b>2,3</b>	✓
5	Teplovodní podlahové vytápění	-20,852	60,7	-1,1	-0,539	-	✓
6	Ak. zásobník otopné vody	17 500	58,7	0,9	0,339	<b>51,6</b>	✓
7	Krbová kamna s výměníkem	-11,000	72,2	-12,6	2,928	-	✓
8	Kotel na biomasu (pelety)	15,000	65,4	-5,8	0,222	<b>67,4</b>	✓
9	Krbová vložka a el. topné rohože	-35,852	68,4	-8,8	-1,447	-	x
10	Tepelné čerpadlo - vzduch/voda	115,000	21,6	38,0	10,159	<b>11,3</b>	✓
11	Tepelné čerpadlo - země/voda	227,500	18,2	41,4	12,298	<b>18,5</b>	✓
12	Fototermické panely	50,000	52,7	6,9	2,326	<b>21,5</b>	✓
13	Fotovoltaické panely	160,000	57,0	2,6	2,647	<b>60,4</b>	✓
14	Nucené větrání se ZZT	80,000	41,7	17,9	6,070	<b>13,2</b>	✓
15	LED osvětlení	3,250	59,3	0,3	1,028	<b>3,2</b>	✓

Z výše uvedených opatření jsou rozpracovány dvě varianty řešení pro optimalizaci objektu a pro provedení dalšího podrobného hodnocení. Navržené opatření lze realizovat každé samostatně a přinesou příslušnou úsporu energie. V následujících tabulkách a grafech jsou shrnuty upravené energetické bilance jednotlivých energeticky úsporných opatření, a to jak v bilanci energie (GJ/rok), tak ve finančních tocích (tis. Kč/rok). Ceny energií jsou dle tarifu dodavatele

z roku 2017. V mezisoučtech nákladů je v některých případech možná odchylka +/- 0,1 tis. Kč způsobena zaokrouhlováním.

## B.1.9 Varianty opatření

### B.1.9.1 Varianta č. 1

**Název:** Kombinace opatření č. 1, č. 2, č. 3, č. 4, č. 5, č. 7, č. 12 a č. 14

**Popis:** Souhrn opatření spočívající ve stavebních úpravách objektu - tj. v provedení výměny výplní otvorů a realizaci tepelné izolace podlahy a stropu.

Dále je součástí varianty č. 1 provedení tepelné izolace potrubí teplé vody, výměna zdroje tepla a systému vytápění - krbová kamna s teplovodním výměníkem a teplovodní podlahové vytápění. Systém pro přípravu teplé vody je doplněn o plochý solární kolektor. Nucená výměna vzduchu bude zajištěna pomocí vzduchotechnické jednotky se zpětným získáváním tepla.

- Opatření č. 1 - výměna výplní otvorů;
- Opatření č. 2 - tepelná izolace podlahy;
- Opatření č. 3 - tepelná izolace stropu;
- Opatření č. 4 - tepelná izolace potrubí TV;
- Opatření č. 5 - teplovodní podlahové vytápění;
- Opatření č. 7 - krbová kamna s teplovodním výměníkem;
- Opatření č. 12 - fototermické panely;
- Opatření č. 14 - nucené větrání se ZZT.

**Tabulka 79** Seznam opatření ve variantě č. 1

Č.	Název opatření	Investiční náklady	Úspora energie		Úspora ostatních výdajů	Úspora celkem	NZEB
		[tis. Kč]	[GJ/r]	[tis. Kč/r]	[tis. Kč/r]	[Kč/r]	
1	Výměna výplní otvorů	7,466	3,6	1,310	0	<b>10 457</b>	✓
2	Tepelná izolace podlahy	12,344	1,6	0,598	0		
3	Tepelná izolace stropu	15,956	2,1	0,774	0		
4	Tepelná izolace potrubí TV	0,600	0,7	0,255	0		
5	Teplovodní podlahové vytápění	-20,852	-1,1	-0,539	0		
7	Krbová kamna s výměníkem	-11,000	-12,6	0,163	0		
12	Fototermické panely	50,000	6,9	2,326	0		
14	Nucené větrání se ZZT	80,000	17,9	6,070	0		
<b>Varianta č. 1 celkem</b>		<b>134,514</b>	<b>25,6</b>	<b>10,457</b>	<b>0</b>		

Pozn. U opatření č. 7 přepočítána úspora v tis. Kč/r na výchozí tarif Klasik D02d - elektrické energie 3,7 Kč/kWh

**Tabulka 80** Změna energetické náročnosti po realizaci varianty č. 1

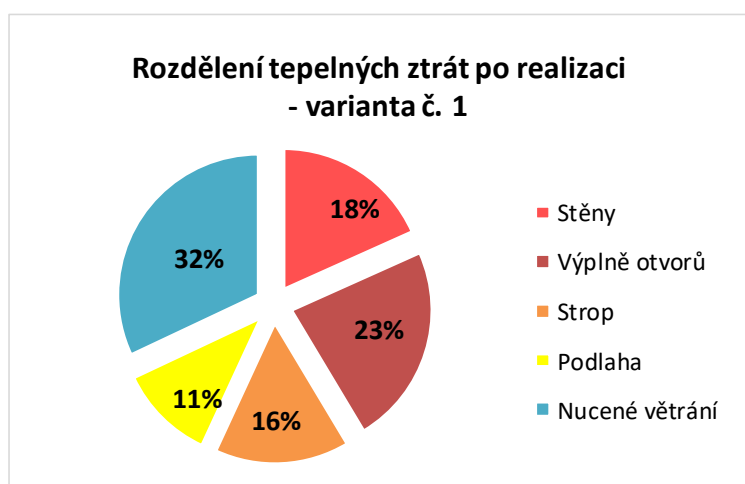
Varianta	$U_{em,N,rq}$	$U_{em,N,rq}$	$U_{em}$	$H_i$	Klasifikační ukazatel CI	Klasifikační třída	
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/K]			
Výchozí stav	0,37	0,27	<b>0,25</b>	84,04	<b>0,68</b>	ÚSPORNÁ	<b>B</b>
Varianta č. 1	0,37	0,27	<b>0,20</b>	65,90	<b>0,53</b>	ÚSPORNÁ	<b>B</b>

Po realizaci varianty č. 1 bude klasifikační ukazatel CI roven 0,53, budova stále klasifikována jako ÚSPORNÁ, návrhová tepelná ztráta objektu však bude **2,7 kW** (původní návrhová tepelná ztráta činila 5,3 kW).

Rozdělení tepelných ztrát objektu a procentuální podíl jednotlivých konstrukcí a nuceného větrání na celkových ztrátách budovy je vyčíslen v následující tabulce a znázorněn na uvedeném grafu.

**Tabulka 81** Procentuální rozdělení tepelných ztrát ve variantě č. 1

Tepelné ztráty – varianta č. 1	$\Phi$	Podíl
	[W]	[%]
Stěny	494	18,3 %
Výplně otvorů	626	23,1 %
Strop	419	15,5 %
Podlaha	300	11,1 %
Tepelná ztráta prostupem obálkou	1 839	68 %
Tepelná ztráta větráním	866	32 %
<b>Celková tepelná ztráta objektu</b>	<b>2 705</b>	<b>100 %</b>



**Graf 23** Rozdělení tepelných ztrát po realizaci - varianta č. 1

Po realizaci varianty č. 1 bude tepelná ztráta objektu obvodovými stěnami 18 %, výplněmi otvorů 23 %, stropní konstrukcí 16 %, podlahou 11 % a tepelná ztráta nuceným větráním bude 32 %.

**Tabulka 82** Soupis základních údajů o energetických vstupech varianty č. 1

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	3,186		3,186	8,921
Teplo	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t	1,521	14,6	6,255	4,563
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ/MWh	1,816		1,816	0,000
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				11,257	13,484
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,000	0,000
<b>Celkem spotřeba paliv a energie</b>				<b>11,257</b>	<b>13,484</b>

**Tabulka 83** Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie varianty č. 1

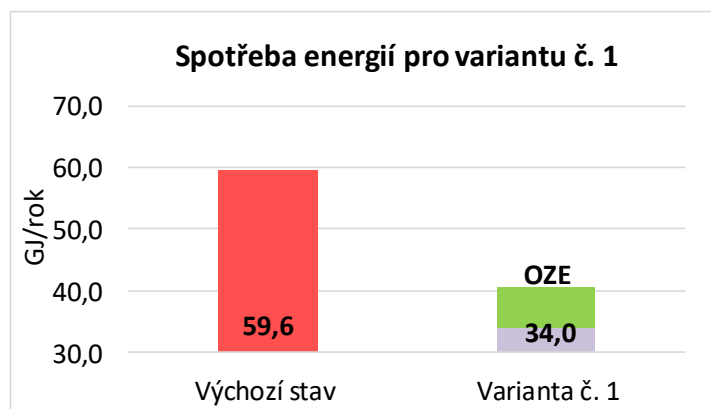
ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	(%)	80
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	(%)	
3	Roční účinnost výroby tepla	(%)	80
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/MWh)	
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ)	1,250
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	(hod.)	
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	(hod.)	500,4

**Tabulka 84** Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie ve variantě č. 1

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	(MW)	
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	(MW)	0,010
3	Výroba elektřiny	(MWh)	
4	Prodej elektřiny	(MWh)	
5	Vlastní technolog. spotřeba elektřiny na výrobu el.	(MWh)	
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/r)	
7	Výroba tepla	(GJ/r)	18,014
8	Dodávka tepla	(GJ/r)	
9	Prodej tepla	(GJ/r)	
10	Vlastní technolog. spotřeba tepla na výrobu tepla	(GJ/r)	
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ/r)	22,518
12	Spotřeba energie v palivu celkem	(GJ/r)	22,518

**Tabulka 85** Upravená energetická bilance pro variantu č. 1

ř.	Ukazatel	Výchozí stav		Varianta č. 1	
		(GJ)	(tis. Kč/r)	(GJ)	(tis. Kč/r)
1	Vstupy paliv a energie	59,6	23,931	34,0	13,484
2	Změna zásob paliv	0,0	0,000	0,0	0,000
3	Spotřeba paliv a energie	59,6	23,931	34,0	13,484
4	Prodej energie cizím	0,0	0,000	0,0	0,000
5	Konečná spotřeba paliv a energie	59,6	23,931	34,0	13,484
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	0,0	0,000	0,0	0,000
7	Spotřeba energie na vytápění	39,5	14,586	16,9	3,417
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,000	0,0	0,000
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	17,2	6,344	13,1	3,417
9a	<i>Spotřeba energie z OZE na přípravu teplé vody</i>	0,0	0,000	6,5	0,000
10	Spotřeba energie na větrání	0,0	0,000	0,9	0,683
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,000	0,0	0,000
12	Spotřeba energie na osvětlení	2,1	2,150	0,6	1,627
13	Spotřeba energie na technolog. a ost. procesy	0,8	0,851	0,3	0,848



**Graf 24** Spotřeba energií pro variantu č. 1

Celková úspora energií po realizaci varianty č. 1 bude **25,6 GJ/rok**, což představuje celkovou úsporu nákladů **10 457 Kč/rok** při jednotkové ceně **kusového dřeva 3 Kč/kg s výhřevností 14,8 MJ/kg** a výhodnějším tarifu **elektrické energie 2,8 Kč/kWh** (tarif Aku D26d - dodavatel E. ON Energie, a.s.).

Vzhledem k tomu, že elektrická energie bude použita i pro přípravu teplé vody, bude využitý výhodnější tarif elektrické energie.

#### B.1.9.2 Varianta č. 2

**Název:** Kombinace opatření č. 1, č. 4, č. 5, č. 10, č. 14 a č. 15

**Popis:** Souhrn opatření spočívající v provedení výměny výplní otvorů, provedení tepelné izolace potrubí teplé vody, výměna zdroje tepla a systému vytápění a přípravy teplé vody - tepelné čerpadlo typ vzduch/voda a teplovodní podlahové vytápění. Nucená výměna vzduchu bude zajištěna pomocí vzduchotechnické

jednotky se zpětným získáváním tepla. Osvětlení úspornými žárovkami bude vyměněno za LED osvětlení.

- Opatření č. 1 - výměna výplní otvorů;
- Opatření č. 4 - tepelná izolace potrubí TV;
- Opatření č. 5 - teplovodní podlahové vytápění;
- Opatření č. 10 - tepelné čerpadlo - vzduch/voda;
- Opatření č. 14 - nucené větrání se ZZT;
- Opatření č. 15 - LED osvětlení.

**Tabulka 86** Seznam opatření ve variantě č. 2

Č.	Název opatření	Investiční náklady	Úspora energie		Úspora ostatních výdajů	Úspora celkem	NZEB
		[tis. Kč]	[GJ/r]	[tis. Kč/r]	[tis. Kč/r]	[Kč/r]	
1	Výměna výplní otvorů	7,466	3,6	1,310	0	<b>15 405</b>	✓
4	Tepelná izolace potrubí TV	0,600	0,7	0,255	0		
5	Teplovodní podlahové vytápění	-20,852	-1,1	-0,539	0		
10	Tepelné čerpadlo - vzduch/voda	115,000	24,9	7,281	0		
14	Nucené větrání se ZZT	80,000	17,9	6,070	0		
15	LED osvětlení	3,250	0,3	1,028	0		
<b>Varianta č. 2 celkem</b>		<b>185,464</b>	<b>46,3</b>	<b>15,405</b>	<b>0</b>		

Pozn. U opatření č. 10 přepočítána úspora v tis. Kč/r na výchozí tarif Klasik D02d - elektrické energie 3,7 Kč/kWh

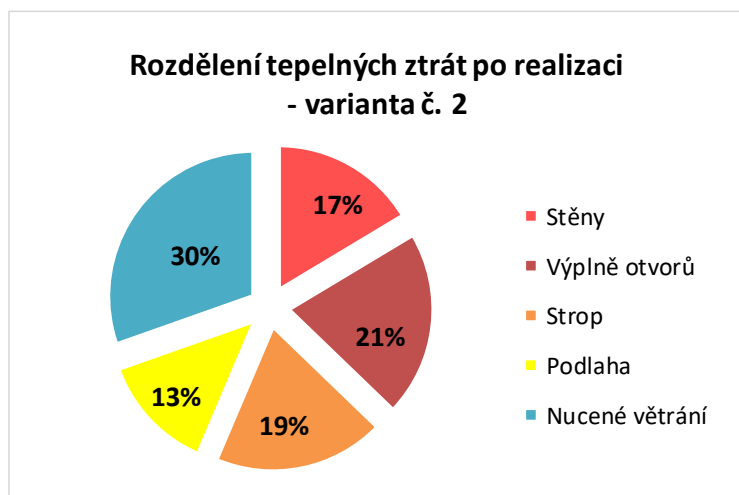
**Tabulka 87** Změna energetické náročnosti po realizaci varianty č. 2

Varianta	$U_{em,N,rq}$	$U_{em,N,rq}$	$U_{em}$	$H_i$	Klasifikační ukazatel CI	Klasifikační třída	
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/K]			
Výchozí stav	0,37	0,27	<b>0,25</b>	84,04	<b>0,68</b>	ÚSPORNÁ	<b>B</b>
Varianta č. 2	0,37	0,27	<b>0,22</b>	75,09	<b>0,61</b>	ÚSPORNÁ	<b>B</b>

Po realizaci varianty č. 2 bude tepelná návrhová ztráta objektu **3 kW**, rozdělení tepelných ztrát objektu a procentuální podíl tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi a nuceného větrání na celkových ztrátách budovy je vyčíslen v následující tabulce a znázorněn na uvedeném grafu.

**Tabulka 88** Procentuální rozdělení tepelných ztrát ve variantě č. 2

Tepelné ztráty - varianta č. 2	$\Phi$	Podíl
	[W]	[%]
Stěny	494	16,4 %
Výplně otvorů	626	20,8 %
Strop	579	19,2 %
Podlaha	396	13,2 %
Tepelná ztráta prostupem obálkou	2 095	69,6 %
Tepelná ztráta větráním	866	30,4 %
<b>Celková tepelná ztráta objektu</b>	<b>3 008</b>	<b>100 %</b>



**Graf 25** Rozdělení tepelných ztrát po realizaci - varianta č. 2

**Tabulka 89** Soupis základních údajů o energetických vstupech varianty č. 2

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	3,707		3,707	8,526
Teplo	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ/MWh	5,466		5,466	0,000
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				9,173	8,526
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,000	0,000
<b>Celkem spotřeba paliv a energie</b>				<b>9,173</b>	<b>8,526</b>

**Tabulka 90** Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie varianty č. 2

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	(%)	350
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	(%)	
3	Roční účinnost výroby tepla	(%)	350
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/MWh)	
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ)	0,286
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	(hod.)	
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	(hod.)	1619,0

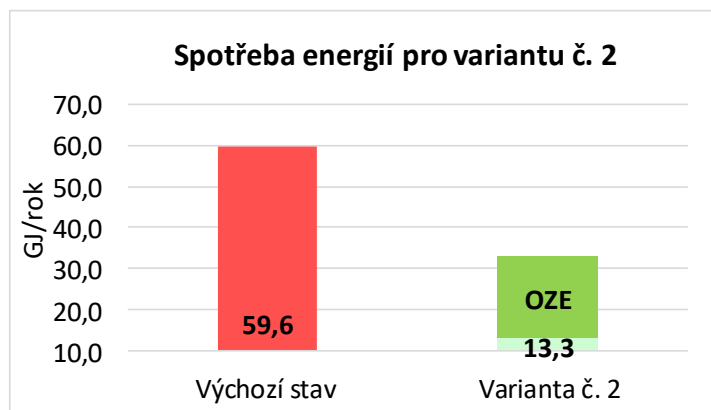


**Tabulka 91** Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie ve variantě č. 2

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	(MW)	
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	(MW)	0,007
3	Výroba elektřiny	(MWh)	
4	Prodej elektřiny	(MWh)	
5	Vlastní technolog. spotřeba elektřiny na výrobu el.	(MWh)	
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/r)	
7	Výroba tepla	(GJ/r)	40,799
8	Dodávka tepla	(GJ/r)	
9	Prodej tepla	(GJ/r)	
10	Vlastní technolog. spotřeba tepla na výrobu tepla	(GJ/r)	
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ/r)	11,657
12	Spotřeba energie v palivu celkem	(GJ/r)	11,657

**Tabulka 92** Upravená energetická bilance pro variantu č. 2

ř.	Ukazatel	Výchozí stav		Varianta č. 2	
		(GJ)	(tis. Kč/r)	(GJ)	(tis. Kč/r)
1	Vstupy paliv a energie	59,6	23,931	13,3	9,138
2	Změna zásob paliv	0,0	0,000	0,0	0,000
3	Spotřeba paliv a energie	59,6	23,931	13,3	9,138
4	Prodej energie cizím	0,0	0,000	0,0	0,000
5	Konečná spotřeba paliv a energie	59,6	23,931	13,3	9,138
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	0,0	0,000	0,0	0,000
7	Spotřeba energie na vytápění	39,5	14,586	6,1	3,899
7a	Spotřeba energie z OZE na vytápění	0,0	0,000	11,6	0,000
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,000	0,0	0,000
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	17,2	6,344	5,6	3,549
9a	Spotřeba energie vyrobená z OZE na přípravu	0,0	0,000	8,1	0,000
10	Spotřeba energie na větrání	0,0	0,000	0,8	0,541
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,000	0,0	0,000
12	Spotřeba energie na osvětlení	2,1	2,150	0,7	0,428
13	Spotřeba energie na technolog. a ost. procesy	0,8	0,851	0,2	0,110



**Graf 26** Spotřeba energií pro variantu č. 2

Celková úspora energií po realizaci varianty č. 2 bude **46,3 GJ/rok**, což představuje celkovou úsporu nákladů **15 405 Kč/rok** při jednotkové ceně **elektrické energie 2,3 Kč/kWh** (tarif Přímotop D57d - dodavatel E. ON Energie, a.s.).

### **B.1.10 Ekonomické vyhodnocení**

Ekonomické vyhodnocení je prováděno bez uvažování dotací či úvěru, tedy s vlastními investičními prostředky. Ekonomická analýza se zabývá vyhodnocením energetických a stavebních opatření na optimalizaci rodinného domu. Cílem ekonomické analýzy je zjistit vhodnost realizace jednotlivých opatření z ekonomického hlediska. Ekonomická analýza byla provedena na základě několika kritérií, z nichž nejdůležitější je současná hodnota v podobě diskontovaného toku hotovosti za dobu životnosti. Při zpracování ekonomické analýzy jsou obvykle základní vstupní údaje na jedné straně příjmové položky (obvykle v podobě úspory za energie) a na druhé straně výdajové položky (v podobě nákladů vynaložených na realizaci opatření).

Vstupní údaje pro ekonomickou analýzu jsou získány takto:

- z odborného odhadu na základě výsledků obdobných, již realizovaných akcí;
- cenové informace výrobců, firem a dodavatelských firem;
- informace z publikací a internetu.

#### **B.1.10.1 Vstupní údaje**

##### Diskontní míra - diskont

Diskont je tzv. alternativní náklad kapitálu, nebo-i cena ušlé příležitosti. Jednoduše řečeno, je to výnos v procentech, který bychom obdrželi, pokud bychom zamýšlenou částku investovali do jiného stejně rizikového projektu. Jde tedy o určitou formu vyjádření meziroční hodnotové změny úrokové míry a dalších faktorů. Uvažovaná diskontní míra je 2 %.

##### Doba životnosti

Jedná se o dobu, po kterou bude projekt provozován - tzn. dobu, po kterou bude hodnocena jeho ekonomická efektivnost. Za danou dobu životnosti se uvažuje doba 50 let - předpokládaná životnost navrhovaného a hodnoceného objektu.

##### Roční výnos z provozovaného zařízení

Jedná se o roční výnos z celého projektu za jeden rok. Změna ročního výnosu jsou procenta, o která se roční výnos změní (může být i záporné číslo). Výnos není zisk, není tedy od něj odečtena žádná nákladová položka. Ve výpočtu je zahrnut meziroční růst ceny elektrické energie o 3 %.

##### Celková investice do zařízení

Celková investice do zařízení je celková finanční částka (vlastní kapitál + zapůjčený kapitál) investovaná na začátku doby životnosti do projektu.

### B.1.10.2 Výstupní údaje

#### Prostá doba návratnosti

Čím je doba návratnosti kratší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. Prostá doba návratnosti je nejjednodušší, nejméně vhodné, ale naopak velice často užívané ekonomické kritérium. Největší nevýhodou tohoto kritéria je, že zanedbává efekty po době návratnosti a zanedbává fakt, že peníze můžeme vložit do jiných investičních příležitostí. Kritérium určuje, za jak dlouho pokryjí příjmy z projektu jeho investiční náklady.

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde:  $IN$  investiční výdaje projektu;

$CF$  roční přínosy projektu (Cash Flow, změna peněžních toků po realizaci projektu).

#### Reálná doba návratnosti - diskontovaná doba návratnosti

Čím je diskontovaná doba návratnosti kratší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. Jedná se o obdobné kritérium, jako prostá doba návratnosti (viz výše), ale s tím rozdílem, že není založena na prostém peněžním toku, nýbrž na peněžním toku diskontovaném. Je to doba, ve které v daném projektu nastane rovnováha mezi příjmy a výdaji. Obecně lze diskontovanou dobu určit z podmínky  $NPV = 0$ .

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-1} - IN = 0$$

kde:  $T_{sd}$  reálná doba návratnosti;

$r$  diskont;

$t$  hodnocené období (1 až  $n$  let).

#### Čistá současná hodnota

Pokud investice obsahuje výnosy, volíme variantu s co nejvyšším NPV. Pokud investici hodnotíme na základě nákladů, hledáme variantu s co nejnižším NPV. Čistá současná hodnota je v dnešní době jedním z nejvhodnějších kritérií. Je v ní zahrnuta celá doba životnosti projektu i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu.

Základem pro určení čisté současné hodnoty je určení toku hotovosti. Toky hotovosti (Cash Flow) jsou rozdílem příjmů a výdajů spojených s projektem v jednotlivých letech. Toky hotovosti v sobě zahrnují veškeré hodnotové změny během života projektu. Pro hodnocení toků hotovosti se tyto upravují převodem z budoucích hodnot do současnosti. Hodnoty jsou zpravi-

dla převedeny do období, kdy dochází k vynaložení největších investic. Takto převedená hodnota se nazývá současná hodnota.

Průběžné pokrytí investic a dalších výdajů příjmy vyjadřuje kumulovaný tok hotovosti, kdy se jednotlivé roční hodnoty průběžně sčítají (kumulují) a představují skutečný hodnotový stav u realizovaného opatření v příslušném roce. Pokud je hodnota kumulovaného toku hotovosti v daném roce záporná, nedošlo v tomto období k pokrytí výdajů projektu jeho příjmy.

Hodnota diskontovaného kumulovaného toku hotovosti v posledním roce se označuje zkratkou NPV (Net Present Value) a slouží jako důležité kritérium pro posuzování a porovnávání projektů.

Vhodnost použití čisté současné hodnoty je dána především tím, že zohledňuje vliv času po celou dobu hodnocení, zahrnuje změnu hodnotových vstupů i výstupů realizace opatření a může zohledňovat způsob financování.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t(1+r)^{-1} - IN$$

kde:  $T_z$  doba životnosti;

$r$  diskont;

$t$  hodnocené období (1 až n let).

### Cash Flow

Tok hotovosti v daném roce se pro opatření navržená a hodnocená v rámci energetického hodnocení stanovuje takto:

$$\text{Cash Flow (CF)} = \text{Úspory (U)} - \text{Investiční náklady (IN)}$$

Úspory (U) - změna provozních nákladů vyvolaných realizací opatření, rozdíl provozních nákladů před realizací a po realizaci opatření.

Investiční náklady (IN) - náklady spojené s pořízením energetických zařízení a stavebních konstrukcí.

### IRR (vnitřní výnosové procento)

Čím je IRR větší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. Vnitřní výnosové procento není nic jiného, než trvalý roční výnos investice. Jednoduše řečeno se jedná o diskont, při němž je NPV investice rovno nule.

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-1} - IN = 0$$

### B.1.10.3 Ukazatelé ekonomické efektivity

V následující tabulce jsou shrnuty investiční náklady jednotlivých variant a další ekonomické ukazatele.

Pro výpočet bylo uvažováno:

- diskontní sazba 3 %;
- roční růst ceny energie 2 %;
- doba hodnocení projektu 50 let;
- hodnocení je provedeno včetně DPH.

V tabulkách jsou uvedeny průměrné roční náklady na údržbu po dobu předpokládané životnosti projektu varianty č. 1 a č. 2.<sup>21</sup>

**Tabulka 93** Průměrné roční náklady na údržbu po dobu předpokládané životnosti projektu

Varianta č. 1

Název	Cena	Životnost	
prohlídka komínu ?	800	1	✖
servis a údržba ?	300	1	✖
zdroj tepla ?	39000	12	✖
komín ?	49000	30	✖
sklad paliva ?	15000	30	✖

 [Přidat řádek](#)

**Roční náklady: 6 483 Kč**

Varianta č. 2

Název	Cena	Životnost	
servis a údržba ?	1000	1	✖
zdroj tepla ?	160000	15	✖

 [Přidat řádek](#)

**Roční náklady: 11 667 Kč**

<sup>21</sup> Porovnání nákladů na vytápění TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2018 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

V tabulkách je uveden výpočet NPV, prosté a reálné doby návratnosti a IRR se zahrnutím průměrných ročních nákladů na údržbu po dobu předpokládané životnosti projektu varianty č. 1 a č. 2.<sup>22</sup>

**Tabulka 94** Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivity investic

Varianta č. 1

Základní parametry investice			
Doba životnosti projektu	50	[počet let]	???
Celková investice do zařízení	134514	[Kč]	???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???			
Úvěr (vypůjčená částka)	0	[Kč]	
Úroková sazba	0	[%]	
Doba splácení úvěru	0	[počet let]	
Roční výnos z provozovaného zařízení ???			
Roční výnos z pořízovaného zařízení	10446	[Kč]	
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	3	[%]	
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???			
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]	
č. 1	6483	0	
č. 2	0	0	
Doplňkové parametry investice			
Diskont - výnos alternativní investice	2	%	???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano		
Vypočítat			
VÝSLEDKY			
NPV - čistá současná hodnota projektu:	318552 Kč ???		
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	10137 Kč ???		
Doba návratnosti:	19 let ???		
Diskontovaná doba návratnosti:	22 let ???		
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	7 % ???		

<sup>22</sup> Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivity investic [online]. Praha: Topinfo, 2018 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>

Varianta č. 2

Základní parametry investice			
Doba životnosti projektu	50	[počet let]	???
Celková investice do zařízení	185464	[Kč]	???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???			
Úvěr (vypůjčená částka)	0	[Kč]	
Úroková sazba	0	[%]	
Doba splácení úvěru	0	[počet let]	
Roční výnos z provozovaného zařízení ???			
Roční výnos z pořízovaného zařízení	15405	[Kč]	
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	3	[%]	
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???			
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]	
č. 1	11667	0	
č. 2	0	0	
Doplňkové parametry investice			
Diskont - výnos alternativní investice	2	%	???
Bude se danit zisk z projektu?	???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
Vypočítat			
VÝSLEDKY			
NPV - čistá současná hodnota projektu:	416496	Kč	???
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	13254	Kč	???
Doba návratnosti:	21	let	???
Diskontovaná doba návratnosti:	24	let	???
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	7	%	???

Jak ukazují výše uvedené tabulky, z ekonomického hlediska je výhodnější realizace varianty č. 2, která má vyšší hodnotu NPV.

## B.1.11 Environmentální vyhodnocení

### B.1.11.1 Vyhodnocené zátěže prostředí po realizaci variant

Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí je provedeno v souladu s vyhláškou č. 352/2002 Sb. MŽP a vyhláškou č. 425/2004 Sb. MPO, kterou se stanovují emisní limity a další podmínky provozování stacionárních zdrojů znečišťování a ochrany ovzduší.

Hodnoty emisí tuhých látek, oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>), oxidu dusíku (NO<sub>x</sub>) a oxidu uhelnatého (CO) jsou stanoveny na základě druhu spalovaného paliva dle nařízení vlády č. 352/2002 Sb. Hodnoty emisí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) jsou převzaty na základě druhu spalovaného paliva z vyhlášky MPO č. 425/2004 Sb.

Ekologické účinky posuzovaných variant jsou vyhodnoceny porovnáním emisí znečišťujících látek ve výchozím stavu a po realizaci daných variant. Varianta, po jejíž realizaci dojde k nejvýznamnějšímu poklesu emisí, je variantou nejvýhodnější z hlediska dopadu na životní prostředí.

**Tabulka 95** Emisní faktory pro stanovení množství emisí

Parametr	Měrná produkce škodlivin		
	Elektrina	Zemní plyn	Dřevo
	[kg/MWh]	[kg/MWh]	[kg/t]
Tuhé znečišťující látky	0,0368	0,0001	1,56
PM <sub>10</sub>	0,0313	0,0001	1,53
PM <sub>2,5</sub>	0,0221	0,0001	1,47
SO <sub>2</sub>	0,8412	0,0001	0,00
NO <sub>x</sub>	0,5676	0,0194	1,03
NH <sub>3</sub>	0,0000	0,0000	0,00
VOC	0,0025	0,0028	14,00
CO <sub>2</sub>	489,0000	200,0000	0,00

**Tabulka 96** Emise znečišťujících látek výchozího stavu a varianty č. 1

Parametr	Varianta 1		
	Výchozí stav	Po realizaci	Rozdíl
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,000031	0,002505	-0,0024733
PM <sub>10</sub>	0,000027	0,002439	-0,0024124
PM <sub>2,5</sub>	0,000019	0,002315	-0,0022956
SO <sub>2</sub>	0,000684	0,003017	-0,0023328
NO <sub>x</sub>	0,000766	0,003602	-0,0028364
NH <sub>3</sub>	0,000000	0,000000	0,0000000
VOC	0,000046	0,021303	-0,0212569
CO <sub>2</sub>	3,543979	1,753554	1,790425

**Tabulka 97** Emise znečišťujících látek výchozího stavu a varianty č. 2

Parametr	Varianta 2		
	Výchozí stav	Po realizaci	Rozdíl
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,000031	0,000136	-0,000105
PM <sub>10</sub>	0,000027	0,000116	-0,000089
PM <sub>2,5</sub>	0,000019	0,000082	-0,000062
SO <sub>2</sub>	0,000684	0,003118	-0,002435
NO <sub>x</sub>	0,000766	0,002104	-0,001338
NH <sub>3</sub>	0,000000	0,000000	0,0000000
VOC	0,000046	0,000009	0,000037
CO <sub>2</sub>	3,543979	1,812723	1,731256

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že z hlediska vlivu na životní prostředí jsou větší úspory emisí u varianty č. 2.

Při realizaci varianty č. 2 dojde k významnému snížení produkce CO<sub>2</sub> do ovzduší.

Zemní plyn, jako energonositel, však produkuje méně emisí než elektrická energie.



#### **B.1.11.2 Posouzení využití obnovitelných zdrojů energie**

Posouzení technické, ekologické a ekonomické proveditelnosti alternativních systémů vytápění podle odst. 4 §6a, zákona č. 406/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů:

Větraná energie - objekt se nenachází ve větrné oblasti, hluk rotorů větrné elektrárny by zatěžoval okolí. Proto není využití větrné energie posuzováno.

Energie vody - v blízkosti objektu se nenachází vodní tok s odpovídajícími parametry, využití energie tekoucí vody není reálné a není proto posuzováno.

Energie z biomasy - v opatření č. 7 byl navržen jako zdroj tepla krbová kamna s teplovodním výměníkem, ve variantě č. 1 bylo toto opatření posouzeno. V opatření č. 8 byl navržen kotel na dřevní pelety.

Solární energie - v opatření č. 12 byl navržen solární systém pro předehřev TV, ve variantě č. 1 bylo toto opatření posouzeno. V opatření č. 13 byl navržen fotovoltaický panel.

Tepelné čerpadlo - v opatření č. 10 bylo navrženo jako zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch/voda, ve variantě č. 2 bylo toto opatření posouzeno. V opatření č. 11 bylo navrženo tepelné čerpadlo země/voda.

Kogenerace - charakter provozu není vhodný pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Takový zdroj by rovněž znamenal zvýšení hlukového zatížení samotného objektu i okolí

#### **B.1.12 Návrh optimální varianty energeticky úsporného objektu**

Doporučenou variantu č. 2 je možno shrnout v těchto základních bodech:

- realizací doporučené varianty se docílí úspory energie **46,3 GJ/rok**;
- investiční vícenáklady činí zhruba **185,464 tis. Kč s DPH**;
- roční finanční úspora energií představuje **15,405 tis. Kč s DPH** (při cenách energií z roku 2017);
- celkové investiční náklady na uspořenou jednotku energie jsou nákladu **332,7 Kč/GJ**;
- NPV – čistá současná hodnota projektu **416 496 Kč**;
- Roční ekvivalentní finanční toky investice **13 254 Kč**;
- prostá doba návratnosti **21 let**;
- diskontovaná doba návratnosti **24 let**;
- IRR – vnitřní výnosové procento **7 %**.

Po realizaci varianty č. 2 bude klasifikační ukazatel CI roven 0,61 a průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  bude 0,22 W/(m<sup>2</sup>·K).

**Tabulka 98** Součinitel prostupu tepla budovy po realizaci varianty č. 2

<b>Průměrný součinitel prostupu tepla objektu (ČSN 73 0540 - 2: 2011) - VARIANTA č. 2</b>		
$H_i$ - měrná ztráta prostupem	75,09	W/K
$U_{em}$ - průměrný součinitel prostupu tepla	<b>0,22</b>	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rq}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,37	W/(m <sup>2</sup> ·K)
$U_{em,N,rc}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,28	W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>Klasifikační ukazatel CI</b>	<b>0,61</b>	
<b>Klasifikační třída</b>	<b>B</b>	<b>ÚSPORNÁ</b>

Energetickou bilanci a technické ukazatele nového zdroje tepla po realizaci varianty č. 2 ukazuje následující tabulka.

**Tabulka 99** Upravená energetická bilance pro variantu č. 2

ř.	Ukazatel	Výchozí stav		Varianta č. 2	
		(GJ)	(tis. Kč/r)	(GJ)	(tis. Kč/r)
1	Vstupy paliv a energie	59,6	23,931	13,3	9,138
2	Změna zásob paliv	0,0	0,000	0,0	0,000
3	Spotřeba paliv a energie	59,6	23,931	13,3	9,138
4	Prodej energie cizím	0,0	0,000	0,0	0,000
5	Konečná spotřeba paliv a energie	59,6	23,931	13,3	9,138
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	0,0	0,000	0,0	0,000
7	Spotřeba energie na vytápění	39,5	14,586	6,1	3,899
7a	<i>Spotřeba energie z OZE na vytápění</i>	0,0	0,000	11,6	0,000
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,000	0,0	0,000
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	17,2	6,344	5,6	3,549
9a	<i>Spotřeba energie vyrobená z OZE na přípravu</i>	0,0	0,000	8,1	0,000
10	Spotřeba energie na větrání	0,0	0,000	0,8	0,541
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,000	0,0	0,000
12	Spotřeba energie na osvětlení	2,1	2,150	0,7	0,428
13	Spotřeba energie na technolog. a ost. procesy	0,8	0,851	0,2	0,110

**Tabulka 100** Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie varianty č. 2

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	(%)	350
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	(%)	
3	Roční účinnost výroby tepla	(%)	350
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/MWh)	
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ)	0,286
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	(hod.)	
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	(hod.)	1619,0

**Tabulka 101** Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie ve variantě č. 2

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	(MW)	
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	(MW)	0,007
3	Výroba elektřiny	(MWh)	
4	Prodej elektřiny	(MWh)	
5	Vlastní technolog. spotřeba elektřiny na výrobu el.	(MWh)	
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/r)	
7	Výroba tepla	(GJ/r)	40,799
8	Dodávka tepla	(GJ/r)	
9	Prodej tepla	(GJ/r)	
10	Vlastní technolog. spotřeba tepla na výrobu tepla	(GJ/r)	
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ/r)	11,657
12	Spotřeba energie v palivu celkem	(GJ/r)	11,657

Úspora emisí CO<sub>2</sub> tepelným čerpadlem je **1,73 t/rok**.

Tato varianta bude dále zpracována v části B. 2 - Návrh systémů TZB.

## B.2 Návrh systémů TZB

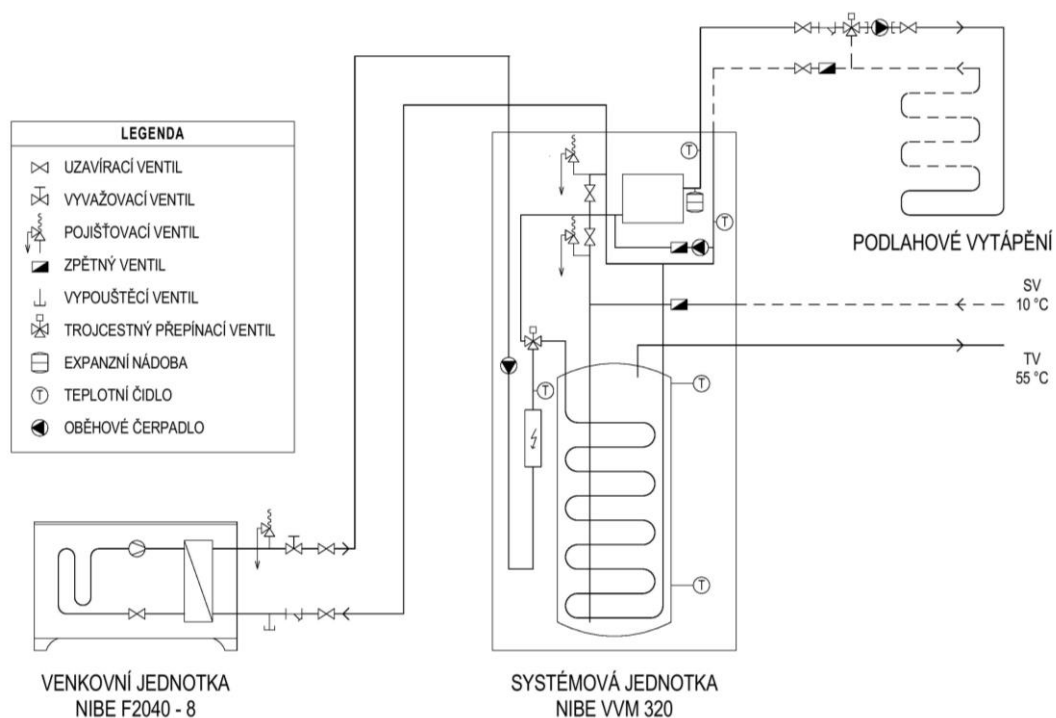
Jako zdroj tepla je navrženo tepelné čerpadlo systému vzduch/voda NIBE F2040 - 8 v kompaktním venkovním provedení. Vnitřní systémová jednotka „vše v jednom“ VVM 320 zajišťuje požadavky na teplo a přípravu teplé vody. Jednotka VVM 320 obsahuje vestavěný nerezový ohřívač o objemu 180 l, zabudovanou vyrovnávací nádrž topného systému a vestavěná oběhová čerpadla energetické třídy A s řízenými otáčkami.

Vytápění je řešeno jako teplovodní podlahové vytápění, navržený teplotní spád 40/30 °C. Vlastní distribuce otopné vody je zajištěna prostřednictvím topných hadů podlahového vytápění, realizovaných tzv. mokřím způsobem. Otopný had je tvarovaný plošnou spirálou a meandrovým způsobem kladení. Systém rozvodů otopné vody pro jednotlivé smyčky je řešen jako dvoutrubkový, protiproudý.

Systém nuceného větrání zajišťuje rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500. Nasávání čerstvého vzduchu probíhá přes fasádu objektu, odvod odpadního vzduchu je realizovaný výfukovou hlavicí přes střechu. Distribuce přírodního a znehodnoceného vzduchu je řešena vzduchovody kruhového průřezu umístěným v podhledu objektu, koncovými prvky pro přívod čerstvého vzduchu a odvod odpadního vzduchu v jednotlivých místnostech jsou navrženy vířivé výústky.

Režim chlazení není navržen.

Technické údaje navržených zařízení jsou součástí přílohy č. 5 - Navržená zařízení systémů TZB.



**Obrázek 8** Zjednodušené schéma zapojení

### B.2.1 Výpočet tepelného výkonu objektu

Výpočet tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí byl proveden pomocí softwaru PROTECH - TOB 2011 - podle ČSN 73 0540 - 2:2011, podrobný popis skladeb konstrukcí a výpočty uvedených tepelně technických vlastností viz příloha č. 2 - Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí.

### B.2.1.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

**Tabulka 102** Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]

OZN.	POPIS KONSTRUKCE	$U$	$U_{N,20}$	$U \leq U_{N,20}$
		[ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	[ $W/(m^2 \cdot K)$ ]	
<b>SO1</b>	Stěna vnější (těžká)	<b>0,154</b>	0,300	✓
<b>SN1</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>0,951</b>	2,700	✓
<b>SN2</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	<b>1,205</b>	1,300	✓
<b>SN3</b>	Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	<b>1,205</b>	2,700	✓
<b>PDL1</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,260</b>	0,450	✓
<b>PDL2</b>	Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	<b>0,261</b>	0,450	✓
<b>STR1</b>	Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	<b>0,156</b>	0,240	✓
<b>DO1</b>	Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	<b>0,900</b>	2,470	✓
<b>DO2-6</b>	Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	<b>2,000</b>	3,500	✓
<b>OT1-7</b>	Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vyt. prostoru do venkovního prostoru	<b>0,720</b>	1,500	✓

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2:2011

$U \leq U_{N,20}$

### B.2.1.2 Průměrný součinitel

**Tabulka 103** Průměrný součinitel prostupu tepla objektu

Průměrný součinitel prostupu tepla objektu (ČSN 73 0540 - 2: 2011) - VARIANTA č.		
$H_i$ - měrná ztráta prostupem	75,09	W/K
$U_{em}$ - průměrný součinitel prostupu tepla	<b>0,22</b>	W/( $m^2 \cdot K$ )
$U_{em,N,rq}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,37	W/( $m^2 \cdot K$ )
$U_{em,N,rc}$ - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,28	W/( $m^2 \cdot K$ )
<b>Klasifikační ukazatel CI</b>	<b>0,61</b>	
<b>Klasifikační třída</b>	<b>B</b>	<b>ÚSPORNÁ</b>

Požadavek dle normy ČSN 73 0540 - 2: 2011

$U_{em} \leq U_{em,N,r}$

### B.2.1.3 Tepelné ztráty

Potřeba tepla pro vytápění byla provedena výpočtem návrhových tepelných ztrát podle ČSN EN 12 831 pro nepřerušovaný způsob vytápění pomocí softwaru PROTECH - TV, výpočty tepelných ztrát jednotlivých variant všech místností objektu jsou uvedeny v příloze č. 4 - Podrobný výpočet tepelných ztrát objektu.

Vypočtené hodnoty tepelných ztrát prostupem a větráním jsou uvedeny v následující tabulce, tepelné ztráty větráním jsou s uvažovaným ZZT s účinností výměníku 84 %.

**Tabulka 104** Polohopisné a klimatické návrhové podmínky

Polohopisné a klimatické návrhové podmínky	
Lokalita	Třebíč (Bítoványky)
Nadmořská výška	406 m n. m.
Návrhová venkovní teplota v zimním období	-15 °C
Průměrná teplota během otopného období	4,6 °C
Délka otopné sezóny	306 dní
Převažující návrhová vnitřní teplota	20 °C

**Tabulka 105** Přehled tepelných ztrát prostupem a nuceným větráním

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA	TEPELNÝ VÝKON MÍSTNOSTI
		$H_{Tm}$	$H_{Vm}$	$\Phi_{Tm}$	$\Phi_{Vm}$	$\Phi_{Hlm}$	$Q_{cm}$
		[W/K]	[W/K]	[W]	[W]	[W]	[W]
<b>1.01</b>	Zádveří	3	4	102	113	215	215
<b>1.02</b>	Tech. místnost	-1	1	-22	33	11	11
<b>1.03</b>	Chodba	-6	4	-173	126	0	0
<b>1.04</b>	WC	3	0	96	17	113	113
<b>1.05</b>	Koupelna	10	2	380	74	454	454
<b>1.06</b>	Šatna	1	3	19	94	112	112
<b>1.07</b>	Ložnice	9	1	309	48	357	357
<b>1.08</b>	Dětský pokoj	7	1	246	48	294	294
<b>1.09</b>	Dětský pokoj	7	1	246	48	294	294
<b>1.10</b>	Obývací pokoj	10	2	339	59	398	398
<b>1.11</b>	Kuchyň + jídelna	16	6	554	206	760	760
<b>CELKEM</b>		<b>58</b>	<b>26</b>	<b>2 095</b>	<b>866</b>	<b>3 008</b>	<b>3 008</b>

Celková návrhová tepelné ztráta rodinného domu je  $\Phi_{Hlm} = 3 \text{ kW}$  při návrhové venkovní teplotě -15 °C a průměrné vnitřní teplotě 20 °C.

## B.2.2 Návrh vzduchotechniky rodinného domu

Na návrh vzduchotechnického zařízení č. 1, které zajišťuje nucené větrání rodinného domu, nebyly kladeny žádné specifické požadavky, co se týče odvlhčení vzduchu.

Navržený systém nuceného větrání je rovnotlaký, účinnost zpětného získávání tepla 84 %.

### B.2.2.1 Výpočet průtoků vzduchu

Požadované hodnoty průtoků vzduchu byly zjištěny z doporučených hodnot hygienického minima předepisující dávku vzduchu na osobu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ], minimálně však intenzita větrání  $0,5 \text{ h}^{-1}$  (dle ČSN EN 15665/Z1).

**Tabulka 106** Přehled průtoků přívodního a odvodního vzduchu pro jednotlivé místnosti

OZN.	MÍSTNOST	PRŮTOK VZDUCHU			
		PŘÍVOD		ODVOD	
		[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	[ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	[ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
1.01	Zádveří	0	0	0	0
1.02	Technická místnosti	0	0	20	0,00556
1.03	Chodba	0	0	0	0
1.04	WC	0	0	50	0,01389
1.05	Koupelna	0	0	90	0,02500
1.06	Šatna	0	0	0	0
1.07	Ložnice	50	0,01389	0	0
1.08	Dětský pokoj	30	0,00833	0	0
1.09	Dětský pokoj	30	0,00833	0	0
1.10	Obývací pokoj	100	0,02778	0	0
1.11	Kuchyň + jídelna	100	0,01667	150	0,04167
CELKEM		310	0,08611	310	0,08611

Výměna vzduchu  $n = V/O = 310/505,3 = 0,61 \text{ h}^{-1}$

### B.2.2.2 Řešení distribuce vzduchu, návrh koncových elementů

Vzduchotechnické potrubí je navrženo kruhového průřezu, umístěné v instalačním prostoru nad sádkartonovým podhledem.

Distribuce vzduchu je zajištěna prostřednictvím talířových ventilů a od výrobce MANDÍK, a. s. Kovové ventily s plynulou regulací přívodního a odvodního vzduchu budou instalovány v podhledu rodinného domu. Napojení distribučních prvků ke vzduchotechnickému potrubí bude pomocí Sonosystemu. Flexo potrubí se skládá z perforované vnitřní hadice z hliníku, vnitřní hadice proti úniku kondenzace z polyesteru, izolace ze skelných vláken tloušťky 25 mm a vnějšího pláště z několika vrstev polyesteru a hliníku. Hadice Sonosystem splňuje požadavky normy EN 13180. Potrubí vhodné ke snižování hluku ve vzduchotechnických systémech.

Ventily jsou určeny pro prostředí chráněné proti povětrnostním vlivům s klasifikací klimatických podmínek třídy 3K5, bez kondenzace, námrazy, tvorby ledu a bez vody i z jiných zdrojů než z deště dle EN 60 721-3-3 zm.A2.

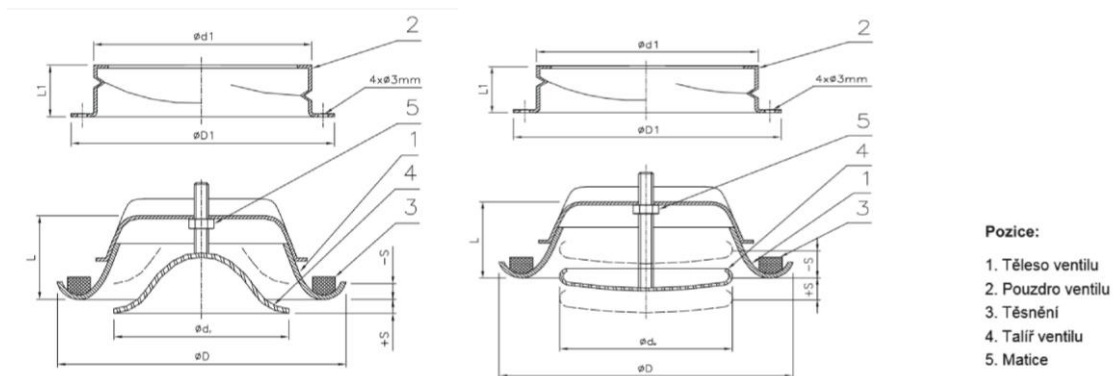
Ventily jsou určeny pro instalaci do podhledů, stěn a jiných stavebních konstrukcí.

Pro rovnoměrné proudění vzduchu u ventilů pro přívod i odvod vzduchu je nutné, aby rovný úsek navazujícího potrubí byl min. 250 mm.

Tělesa a talíře ventilů jsou vyrobeny z ocelového plechu s epoxypolyesterovým nátěrem bílé barvy RAL 9010, pouzdra ventilů jsou vyrobeny z pozinkovaného plechu.<sup>23</sup>

**Tabulka 107** Přehled zvolených talířových ventilů pro jednotlivé místnosti

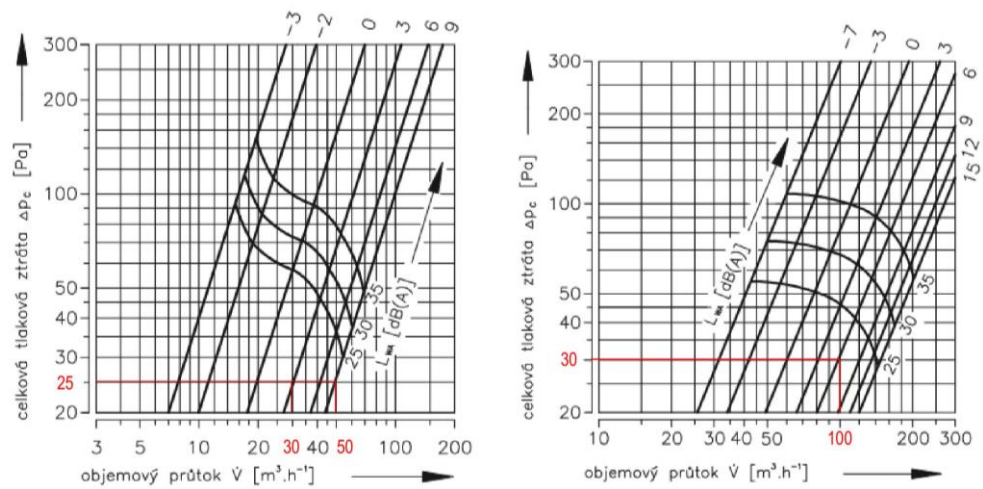
OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PŘÍVOD				ODVOD			
		TYP	V	$L_w$	$\Delta p_t$	TYP	V	$L_w$	$\Delta p_t$
		VENTILU	[m³/h]	[dB(A)]	[Pa]	VENTILU	[m³/h]	[dB(A)]	[Pa]
102	Technická m.					TVOM 80	20	25	33
104	WC					TVOM 80	50	25	25
105	Koupelna					TVOM 125	90	25	25
107	Dětský pokoj	TVPM 80	50	25	25				
108	Dětský pokoj	TVPM 80	30	25	25				
109	Ložnice	TVPM 80	30	25	25				
110	Obývací pokoj	TVPM 125	100	25	30				
111	Kuchyň + jídelna	TVPM 125	100	25	30	TVOM 125	150	25	32



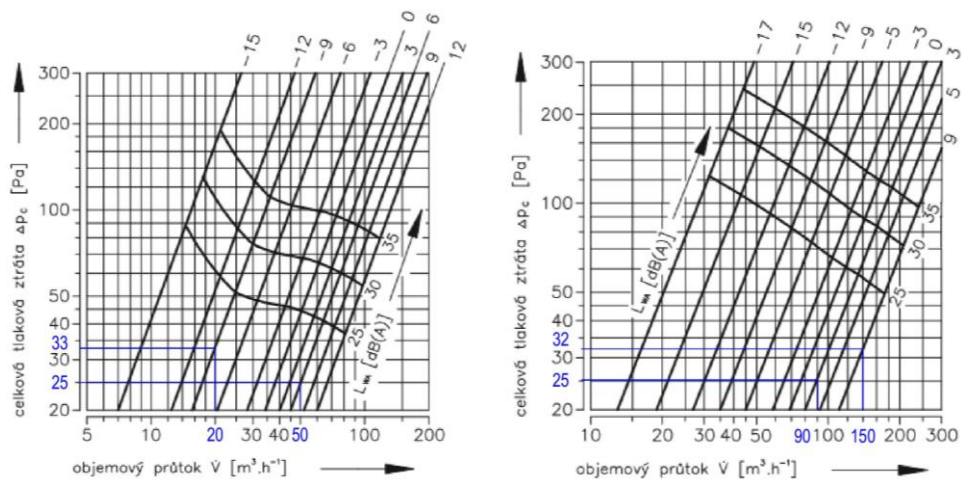
**Obrázek 9** Ventil pro přívod vzduchu TVPM a pro odvod vzduchu TVOM

<sup>23</sup> MANDÍK, a.s. [online]. Hostomice: MANDÍK, 2017 [cit. 2017-12-21]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom,-tvpm>



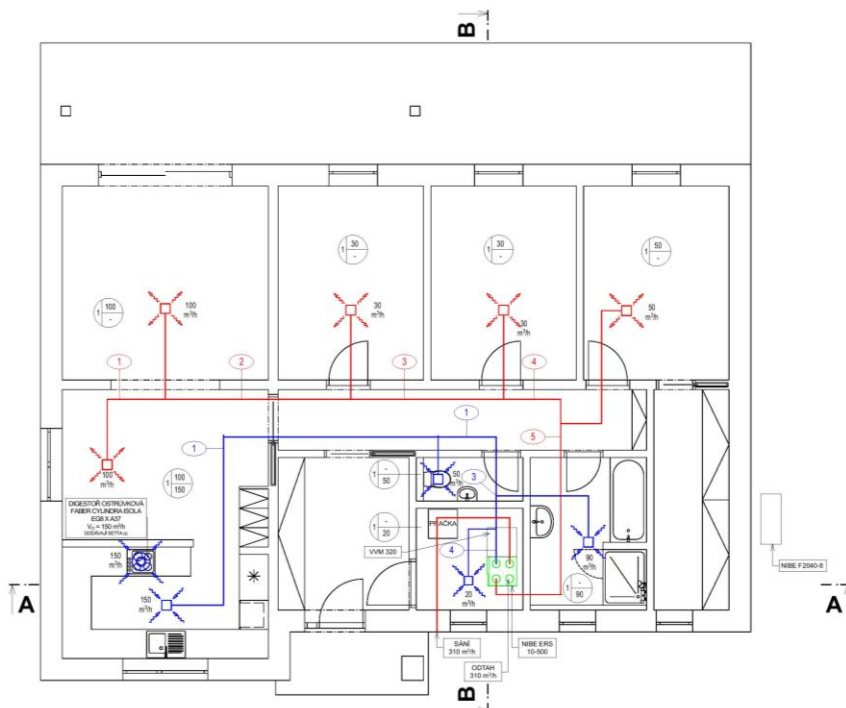


**Obrázek 10** Tlakové ztráty a hladiny akustických výkonů přívodních ventilů TVPM



**Obrázek 11** Tlakové ztráty a hladiny akustických výkonů odvodních ventilů TVOM

### B.2.2.3 Dimenzování potrubí, výpočet tlakových ztrát přívodního a odvodního potrubí



Obrázek 12 Schéma číselování úseků pro dimenzování přívodního a odvodního potrubí

V níže uvedených tabulkách je uveden výpočet pro dimenzování přívodního a odvodního vzduchotechnického potrubí, včetně vyčíslení tlakových ztrát.

Tabulka 108 Dimenzování přívodního potrubí VZT

PŘÍVOD	Z VÝKRESU		HODNOTY									TLAKOVÁ ZTRÁTA CELKEM		POZNÁMKA
			PŘEDBĚŽNÉ			SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ								
	č. ú.	V m³/h	L m	v' m/s	S m²	d' mm	A x B mm	d mm	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	Z+R*L Pa	
HLAVNÍ VĚTEV č. 1	1	100	1,10	2,50	0,015	140		140	1,80	0,67	0	0,00	0,74	rovné potrubí
									1,80		0,3	0,57	0,57	odbočka
			1,50						1,80	3,12	0	0,00	4,68	flexi potrubí
									1,80		0,6	1,14	1,14	oblouk
									1,80				30,00	vyústka
	2	200	3,40	3,00	0,025	180		180	2,18	0,67	0	0,00	2,28	rovné potrubí
									2,18		0,3	0,83	0,83	odbočka
	3	230	3,15	3,00	0,025	180		180	2,51	0,67	0	0,00	2,11	rovné potrubí
									2,51		0,3	1,11	1,11	oblouk
	4	260	1,50	3,00	0,025	180		180	2,84	0,67	0	0,00	1,01	rovné potrubí
									2,84		0,3	1,42	1,42	odbočka
									2,84		0,6	2,83	2,83	oblouk
	5	310	6,50	3,00	0,025	180		180	3,38	0,67	0	0,00	4,36	rovné potrubí
									3,38		1,8	12,04	12,04	3x oblouk
	sání	310	5,40	3,00	0,025	180		180	3,38	0,67	0	0,00	3,62	rovné potrubí
									3,38		1,8	12,04	12,04	3x oblouk
									3,38				15,00	protidešť. žaluzie
Celková tlaková ztráta přívodu Δp <sub>zo</sub> =													95,76	Pa

**Tabulka 109** Dimenzování odvodního potrubí VZT

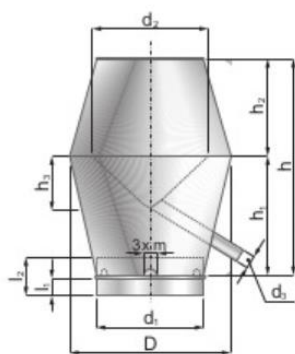
ODVOD	Z VÝKRESU		HODNOTY									TLAKOVÁ ZTRÁTA CELKEM		POZNÁMKA
			PŘEDBĚŽNÉ		SKUTEČNÉ - VYPOČTENÉ									
	č. ú.	V m <sup>3</sup> /h	L m	v' m/s	S m <sup>2</sup>	d' mm	A x B mm	d mm	v m/s	R Pa/m	ξ	Z Pa	Z+R*L Pa	
HLAVNÍ VĚTEV č. 1	1	150	7,40	3,00	0,015	140		140	2,71	1,00	0	0,00	7,40	rovné potrubí
									2,71		0,6	2,58	2,58	odbočka
			1,30						2,71	3,12	0	0,00	4,06	flexi potrubí
									2,71		0,6	2,58	2,58	oblouk
									2,71				32,00	vyústka
	2	200	2,60	2,75	0,020	160		160	2,76	0,67	0	0,00	1,74	rovné potrubí
									2,76		0,6	2,68	2,68	odbočka
									2,76		0,6	2,68	2,68	oblouk
	3	290	0,80	3,00	0,025	180		180	3,17	0,67	0	0,00	0,54	rovné potrubí
									3,17		0,6	3,53	3,53	odbočka
	4	310	1,40	3,00	0,025	180		180	3,38	0,67	0	0,00	0,94	rovné potrubí
									3,38		0,6	4,01	4,01	odbočka
									3,38		0,6	4,01	4,01	oblouk
	výfuk	310	2,70	3,00	0,025	180		180	3,38	0,67	0	0,00	1,81	rovné potrubí
									3,38				15,00	výfuková hlavice
Celková tlaková ztráta odvodu Δp <sub>z0</sub> =													85,55	Pa
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA PRO PŘÍVOD VZDUCHU =													95,76	Pa
CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA PRO ODVOD VZDUCHU =													85,55	Pa

#### B.2.2.4 Požární klapky

Rodinný dům je uvažovaný jako jeden požární úsek, proto nebudou požární klapky ve vzducho-technickém potrubí osazeny.

#### B.2.2.5 Výfuková hlavice a protidešťová žaluzie

Odvod odpadního vzduchu nad střešní rovinu bude zajištěn prostřednictvím výfukové hlavice VH-P 180 s nainstalovanou přírubou, materiál nerez.

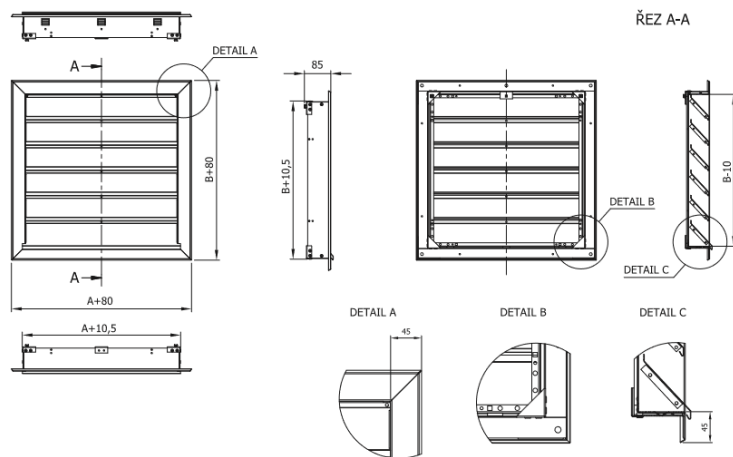


- průměr  $d_1 = 180$  mm;
- průměr  $D = 270$  mm;
- výška  $h = 375$  mm;
- průměr  $d_2 = 200$  mm;
- průměr  $d_3 = 25$  mm;
- hmotnost  $m = 2,1$  kg.

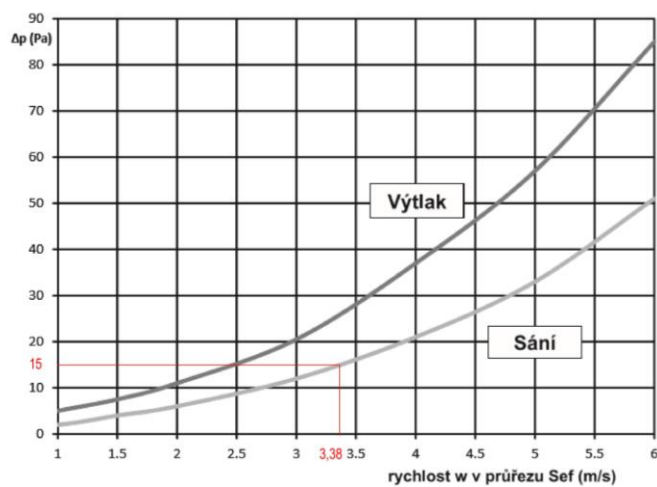
**Obrázek 13** Kruhá hlavice VH 180 - odvod

Na přívodním sacím potrubí bude osazena čtyřhranná protidešťová žaluzie TWG 200 o rozměrech 280 x 280 mm od výrobce MANDÍK, a. s. se třemi lamelami a sítí proti vnikání drobného

ptactva. Žaluzie bude na přívodní kruhové potrubí napojena přes čtyřhranný přechodový kus 200 x 200/Ø180 mm. Na fasádě připevněna pomocí upevňovacího rámu (bez otvorů v pohledové části). Velikost stavebního otvoru pro protidešťovou žaluzii bude 213 x 213 mm.<sup>24</sup>



**Obrázek 14** Provedení žaluzie s upevňovacím rámem

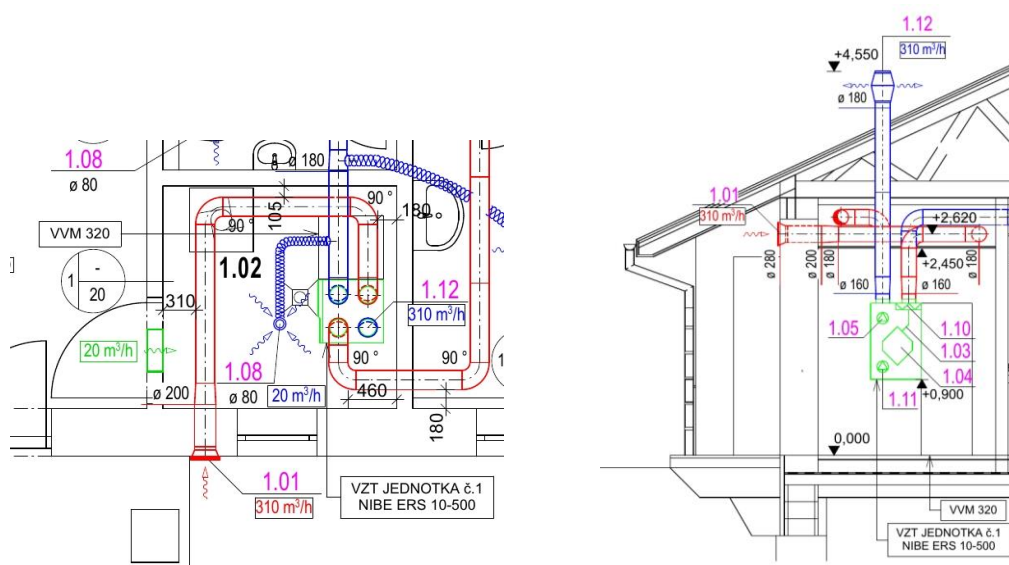


**Obrázek 15** Tlaková ztráta protidešťové žaluzie TWG 200 - přívod

<sup>24</sup> MANDÍK a. s. [online]. Hostomice: MANDÍK, 2017 [cit. 2017-12-21]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/vyuste-a-ostatni/pdzm>

### B.2.2.6 Strojovna vzduchotechniky, vzduchotechnická jednotka

Strojovna vzduchotechniky, označená jako technická místnost, se nachází v 1.NP rodinného domu, rozměry místnosti 2,1 x 2,1 m, světlá výška je uvažována 2,45 m.



Obrázek 16 Půdorys a řez technické místnosti

Vzduchotechnická jednotka, pro nucené větrání v obytné části rodinného domu, je navržena od společnosti NIBE, rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500.

Zvolená jednotka je řešená jako kompaktní zařízení, obsahující ve společné skříni dva nezávisle řízení DC ventilátory, protiproudý rekuperační výměník tepla s vysokou účinností (výrobce uvádí až 92 %), pylový filtr přiváděného vzduchu F7, standardní filtr odpadního vzduchu G4 a žlab na odvod kondenzátu.

Na spodní straně rekuperačního výměníku dochází ke kondenzaci, musí proto být nainstalován výstup kondenzátu se sifonem, který odvádí kondenzát do vnitřní výpusti. Výstup kondenzátu je přizpůsoben typu sifonu, který se běžně používá v umyvadlech.

Hlavní přednosti rekuperační jednotky NIBE ERS 10-500 dle výrobce:

- Kompletní řešení mechanické ventilace s vysokou účinností zpětného využití tepelné energie;
- ERS 10-500 lze připojit k libovolnému tepelnému čerpadlu NIBE země-voda, vnitřní systémové jednotce NIBE VVM nebo regulátoru NIBE SMO 40;
- ERS 10-500 je ovládána přímo z regulátoru tepelného čerpadla. Není třeba instalovat další regulátor;
- Pomocí vzdálené správy pro tepelné čerpadlo NIBE Uplink™ je tak možné ovládat kromě vytápění i ventilaci, ať už jste kdekoliv;
- Až 92% účinnost zpětného získávání tepla;
- Nízká hlučnost;
- Kompaktní vnější rozměry;

- Snadná instalace;
- Integrovaná funkce obtoku výměníku (v přechodných obdobích nedochází k nežádoucímu přehřívání venkovního vzduchu);
- ERS 10-500 lze běžně použít v domech s plochou až 280 m<sup>2</sup>.<sup>25</sup>



- výška = 900 mm;
- šířka = 600 mm;
- hloubka = 612 mm.

**Obrázek 17** Rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500

#### Tepelná bilance výměníku

$$V_p \cdot \rho \cdot (h_1 - h_e) = V_o \cdot \rho \cdot (h_i - h_2)$$

$$\frac{310}{3600} \cdot 1,29 \cdot (16,5 + 13) = \frac{310}{3600} \cdot 1,29 \cdot (43 - 13,5) \Rightarrow 29,5 \text{ kJ/kg} = 29,5 \text{ kJ/kg}$$

#### Teplota přiváděného vzduchu za ZZT

$$\frac{\eta}{100} = \frac{t_1 - t_e}{t_i - t_e} \quad t_1 = \frac{\eta}{100} \cdot (t_i - t_e) + t_e \Rightarrow t_1 = \frac{84}{100} \cdot (20 + 15) - 15 = 14,4 \text{ °C}$$

#### Stav odváděného vzduchu za ZZT

$$V_p \cdot c \cdot (t_i - t_e) = V_o \cdot (h_i - h_2)$$

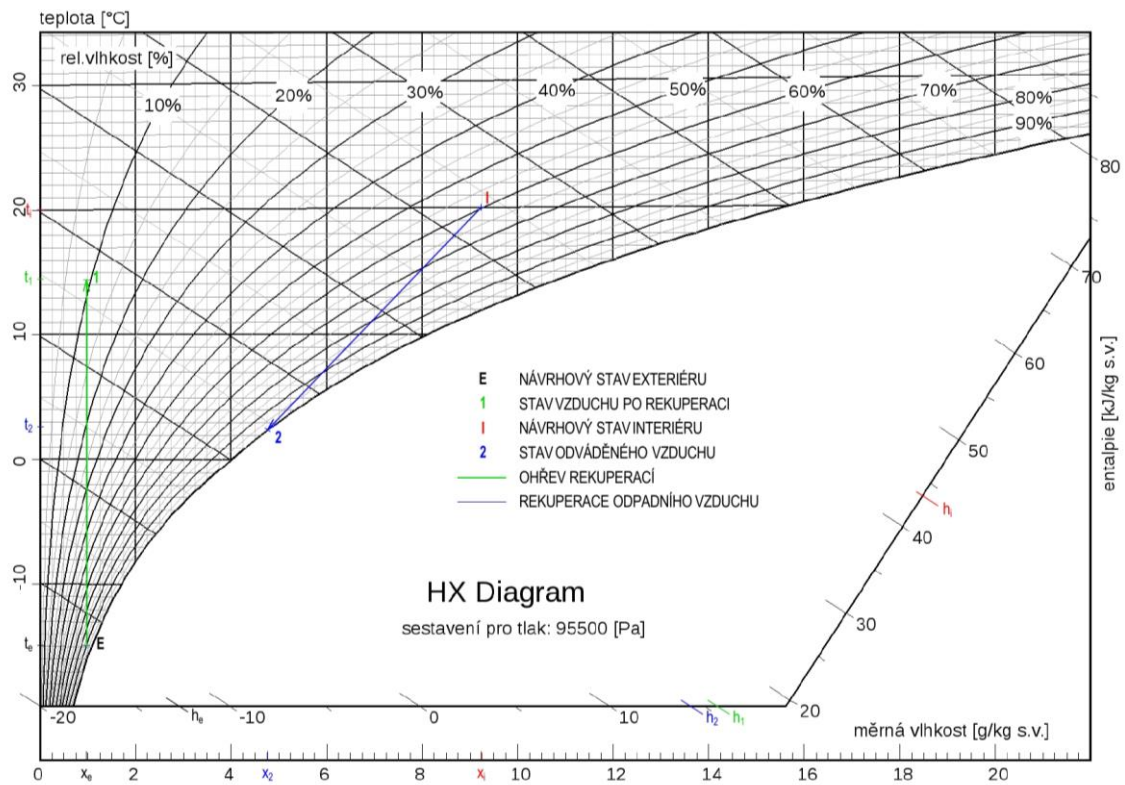
---

<sup>25</sup> NIBE: Divize NIBE ENERGY SYSTEMS CZ [online]. Benátky nad Jizerou: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o, 2017 [cit. 2017-12-25]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/rekuperacni-jednotky/rekuperace-ers-10-500>

$$\frac{310}{3600} \cdot 1,01 \cdot (14,4 + 15) = \frac{310}{3600} \cdot (43 - h_2) \Rightarrow h_2 = 13,3 \text{ kJ/kg}$$

Množství kondenzátu na straně odpadního vzduchu

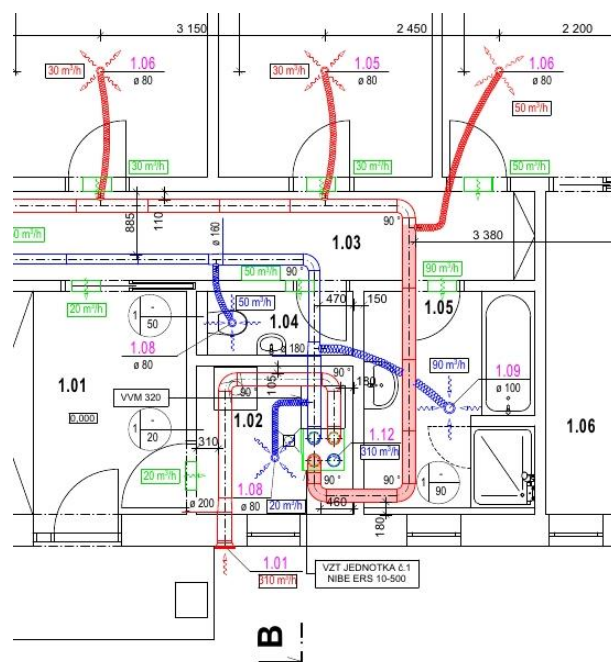
$$M = V_o \cdot \rho \cdot (x_i - x_2) = \frac{310}{3600} \cdot 1,29 \cdot (9,25 - 4,8) = 0,494 \text{ g/s}$$



**Obrázek 18** Hx diagram - zimní provoz



### B.2.2.7 Útlum hluku



**Obrázek 19** Schéma pro výpočet hladiny akustického výkonu

Rozdělení hluku v odbočkách:

$$D_1 = 10 \log \frac{\Sigma s_{odb}}{s_{odb1}}$$

Útlum koncovým odrazem:

$$D_3 = 10 \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1.88} \right]$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Hladina akustického výkonu ve vyústce:

$$L_w = L_{vent} - \sum D$$

Součtová hladina:

$$L_s = 10 \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_w})$$

Korekce výústek:

$$K_1 = 10 \log(n_p)$$

### Hladina akustického výkonu

všech přírodních vyústek:

$$L = L_s + K_1$$

Vliv přívodního i odvodního potrubí:

$$L_{w,s} = L_p + L_o = 10\log(10^{0,1 \cdot L_p} + 10^{0,1 \cdot L_o})$$

Útlum hluku v miestnosti:

$$A = \alpha \cdot S$$

$$L_p = L_{w,s} + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$



Výpočet útlumu hluku byl dle výše uvedených algoritmů proveden v Excelu.

**Tabulka 110** Útlum hluku - přírodní a odvodní potrubí

PŘÍVOD	$L_{WA}$ [dB(A)/f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	SOUČET
1	PŘÍVOD - VÝTLAK $L_{VENT}$	40	39	42	41	41	36	48
2	PŘÍROZENÝ ÚTLUM							
3	ROVNÉ POTRUBÍ 6,5 m	3,9	2,9	2,0	1,3	0,8	0,6	
4	OBLOUKY 3 ks	0	0	3	6	9	9	
5	ODBOČKA Z HLAVNÍ VĚTVE D1							
6	ODBOČKA K VÝUSTCE D2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	
7	OHEBNÉ POTRUBÍ 2,4 m	47,8	44,9	40,8	36,5	34,1	40,8	
8	ÚTLUM KONCOVÝM ODRAZEM D3	12,3	7,3	3,4	1,2	0,4	0,1	
9	HLUK VE VÝUSTCE $L_W$	-16,8	-13,9	-8,9	-7,9	-8,0	-19,5	-2,8
10	VLASTNÍ HLUK VÝUSTKY $L_1$							25,0
11	HLUK VYSTUPUJÍCÍ Z VÝUSTKY $L_5$							25,0
12	KOREKCE NA POČET K1							6,7
13	HLUK VŠECH PŘÍVODNÍCH VÝUSTEK L							31,7

ODVOD	$L_{WA}$ [dB(A)/f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	SOUČET
1	ODVOD - SÁNÍ $L_{VENT}$	36	45	36	37	41	28	48
2	PŘÍROZENÝ ÚTLUM							
3	ROVNÉ POTRUBÍ 1,4 m	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	
4	OBLOUKY 1 ks	0	0	1	2	3	3	
5	ODBOČKA Z HLAVNÍ VĚTVE D1							
6	ODBOČKA K VÝUSTCE D2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	
7	OHEBNÉ POTRUBÍ 1,1 m	21,9	20,6	18,7	16,7	15,6	18,7	
8	ÚTLUM KONCOVÝM ODRAZEM D3	12,3	8,8	4,5	1,7	0,5	0,2	
9	HLUK VE VÝUSTCE $L_W$	8,2	18,7	10,8	12,9	17,1	1,1	22,2
10	VLASTNÍ HLUK VÝUSTKY $L_1$							25,0
11	HLUK VYSTUPUJÍCÍ Z VÝUSTKY $L_5$							26,8
12	KOREKCE NA POČET K1							8,5
13	HLUK VŠECH PŘÍVODNÍCH VÝUSTEK L							35,3

$L_{w,s}$	36,9
	-4,0
$L_p$	32,9

$$L_p = 32,9 \text{ dB} \leq 40 \text{ dB}$$

NÁVRHU TLUMIČE HLUKU NENÍ POTŘEBA

## B.2.3 Návrh zdroje tepla

### B.2.3.1 Příprava TV

#### Stanovení potřeby TV

Celková potřeba teplé vody v dané periodě

$$V_{2P} = n_i \cdot V_d = 2,9 \cdot 0,05 = \mathbf{0,145\ m^3}$$

kde:

$n_i$	počet jednotek (uživatelů)	[ - ]
$V_d$	potřeba TV na jednotku a den	[m <sup>3</sup> ]

#### Stanovení potřeby tepla

Teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 0,145 \cdot (55 - 10) = \mathbf{7,589\ kWh}$$

kde:

$c$	měrná tepelná kapacita vody	[kWh/(m <sup>3</sup> ·K)]
$\theta_1$	teplota studené vody	[°C]
$\theta_2$	teplota ohřáté vody	[°C]

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV v době jedné periody

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = \mathbf{2,278\ kWh}$$

kde:

$z$	součinitel poměrné ztráty	[ - ]
-----	---------------------------	-------

Potřeba tepla odebraného z ohřívače v TV během jedné periody

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 7,589 + 2,278 = \mathbf{9,866\ kWh}$$

Teplo dodané ohřívačem do TV během periody se rovná teplu odebranému z ohřívače TV během periody

$$Q_{1P} = Q_{2P} = \mathbf{9,866\ kWh}$$

## Stanovení křivky odběru

Z celkového množství ohřáté vody se odebere v době

- 5 - 17 hod. 35 %, to představuje potřebu tepla:

$$Q_{2t} = 0,35 \cdot 7,589 = 2,656 \text{ kWh};$$

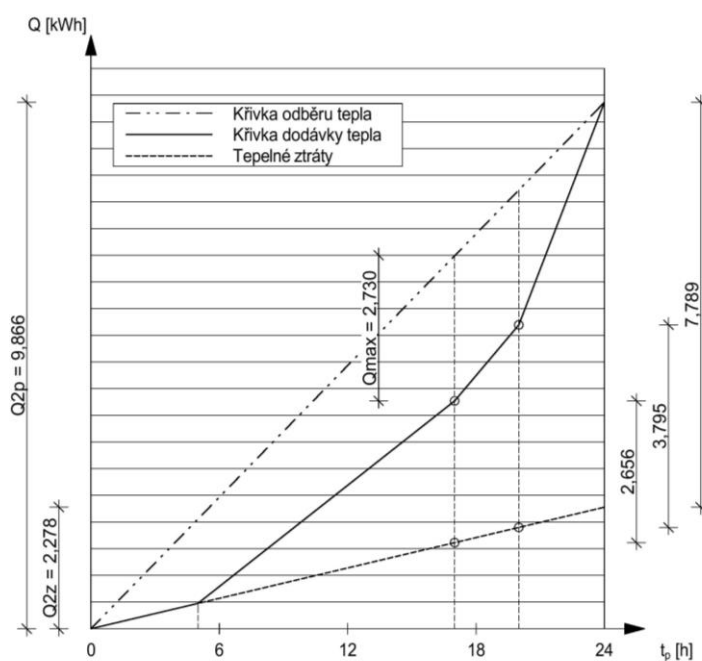
- 17 - 20 hod. 50 %, to představuje potřebu tepla:

$$Q_{2t} = 0,50 \cdot 7,589 = 3,795 \text{ kWh};$$

- 20 - 24 hod. 15 %, to představuje potřebu tepla:

$$Q_{2t} = 0,15 \cdot 7,589 = 1,138 \text{ kWh};$$

tj. od počátku ohřevu  $2,656 + 3,795 + 1,138 = 7,789 \text{ kWh}$ .



**Obrázek 20** Křivka dodávky a odběru tepla při ohřevu teplé vody

## Stanovení objemu zásobníku

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{2,730}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,052 \text{ m}^3 = 52 \text{ l}$$

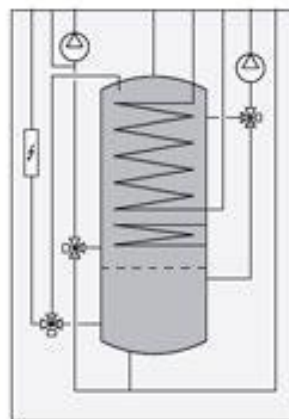
Jmenovitý tepelný výkon ohřevu

$$Q_{1n} = \frac{Q_1}{t} = \frac{9,866}{24} = 0,411 \text{ kWh}$$

Jako zásobník TV je navržena vnitřní jednotka NIBE VVM 320 od výrobce NIBE s vestavěným ohřívačem vody o objemu 180 l.



- výška = 1 800 mm;
- šířka = 600 mm;
- hloubka = 615 mm.



**Obrázek 21** Vnitřní systémová jednotka NIBE VVM 320

### B.2.3.2 Teplovodní podlahové vytápění

Podlahové vytápění bude pokrývat tepelné ztráty v místnostech uvedených v následující tabulce

**Tabulka 111** Přehled místností s podlahovým vytápěním

OZN.	ÚČEL MÍSTNOSTI	TEPELNÁ ZTRÁTA $\phi_{HLm}$ [W]
<b>1.04</b>	WC	113
<b>1.05</b>	Koupelna	454
<b>1.07</b>	Ložnice	357
<b>1.08</b>	Dětský pokoj	294
<b>1.09</b>	Dětský pokoj	294
<b>1.10</b>	Obývací pokoj	398
<b>1.11</b>	Kuchyň + jídelna	760

*Pozn. Tepelné ztráty místností jsou uvažovány bez tepelné ztráty podlahou.*

Podlahové vytápění je navrženo od výrobce EUROSISTEMY GROUP, s.r.o., systém Top heating® - tzv. mokrým systémem podlahového vytápění. Otopná deska je tvořena samonivelační anhydritovou směsí a potrubí systému, ve kterém se vytápí teplou vodou, je možné pokládat na rovnou plochu izolace. Na ni se položí zrcadlová fólie, která plní dvě základní funkce, odráží vyzářené teplo směrem nahoru do vytápěné podlahy a brání tepelnému zatěžování polystyrénových desek umístěných pod nimi. Výjimečnost systému Top heating® je založena na unikát-

ním spojení několika speciálních systémových komponentů, které dohromady tvoří dokonale fungující celek s vysokou úsporou nákladů na vytápění až 20 %. Podlahové topení Top heating® je nízkoteplotní sálavý systém. Na rozdíl od klasických radiátorů využívá podlahové vytápění nižších a velkou plochu s akumulační schopností, z níž sálá teplo do okolí.<sup>26</sup>



**Obrázek 22** Podlahové teplovodní vytápění na reflexní fólii

### **Rozdělovač topných okruhů**

Rozdělovací stanice je určena pro regulaci jednotlivých okruhů podlahového vytápění. Každá vytápěná místnost představuje jeden okruh, rozdělovač je vybaven integrovaným termostatickým ventilem pro každý okruh samostatně. Rozdělovač topných okruhů ENGINE systému Top heating® se sedmi okruhy bude umístěn ve skříni rozdělovače pod omítkou P4 1030 v místnosti 1.03 - chodba.

#### Provodní data:

- tepelný výkon 25 kW při  $\Delta t$  10 K;
- průtok 2,14 m<sup>3</sup>/h;
- max. provozní teplota 95 °C;
- provozní tlak 6 bar.

#### Primární přívod:

- bez kulových kohoutů nebo kulový ventil 2 x ¾" (nebo 1" IG) x 1" s plochým těsněním;
- pojení buď vlevo nebo vpravo.

#### Sekundární přívod:

- všechny topné okruhy se závitem ¾" na eurokonus, vhodný pro kompresní šroubení.

---

<sup>26</sup> EUROSISTEMY GROUP, s.r.o. [online]. Praha 4 - Modřany: EUROSISTEMY GROUP, 2010 [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <https://www.topheating.cz/>

#### Obsah dodávky rozdělovače:

- nerez hydraulický rozdělovač DN 32 a nerez hydraulický sběrač DN 32;
- integrované patentované průtokoměry REGOLUX®;
- přesné regulační ventily s možností napojení servopohonů;
- adaptéry EUROKONUS QUICK pro napojení potrubí;
- 2x otočné boční vypouštěcí a napouštěcí KK 15 včetně zátky;
- aretační hlavice modré s označením směru točení +/-;
- 2x jímku na teploměr;
- 2x teploměr 0 - 80st. do jímky;
- 2x zátku DN 25;
- 2x nerez AOV DN 15 do 110 st. ;
- 2x šroubení pro KK DN 25;
- 2x držák do skříně/na zeď;
- 4x objímky QUICK EASY SYSTEM pro upevnění rozdělovače a sběrače na držák;
- soupravu šroubů a hmoždinek 4x pro upevnění na zeď;
- 2x KK DN 25 (motýl-modrý, motýl - červený) součástí dodávky, vč. přiložených těsnění do šroubení.



**Obrázek 23** Rozdělovač ENGINE NEREZ 7 okruhů a skříň rozdělovače P4 1030

### **Regulace podlahového vytápění**

Termostatický ventil rozdělovače je připojen k ruční hlavici pro možnost ovládání okruhů podlahového vytápění z jednoho místa. Ruční hlavici je možno nahradit elektrotermickým servopohonem pro regulaci podlahového topení INDIVIDUAL ROOM CONTROL, sběrač je osazen ventily

s regulací a optickou kontrolou průtoku podlahového vytápění. Přetopení nebo chladu v budově předchází digitální termostat. Ten rozpozná, kdy se teplota v místnosti sníží, a kdy je třeba místnost více dotopit. Podlahové topení by se ale nemělo vypínat úplně, protože na opětovné vyhřátí místností se potom spotřebuje velké množství energie.

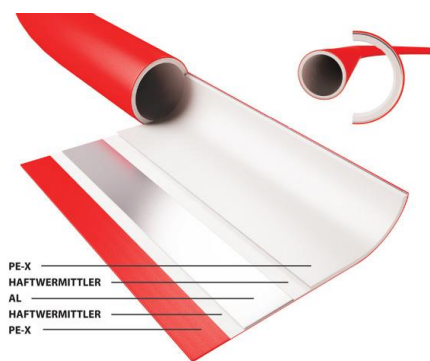
## Potrubí pro podlahové vytápění

Navržené 5 vrstvé potrubí pro podlahové topení 16 x 2 Top Heating® RED. Spojuje se svěrným šroubením TA, RA nebo pressfitinkami. Kompozitní vrstvené potrubí RED je vyráběno pomocí technologie vysokorychlostní KOEXTRUZE (5 vrstev) z vysoce kvalitních primárních granulátů, aditiv a hliníku. Hliníková trubka je svařována laserovým paprskem pro dokonalou nepropustnost kyslíku. PEX - výrobní technologie vytvářející v polyetylenové matrici pex vrstev trojrozměrný systém síťování pomocí prémiového granulátu naroubovaného silonem. Vícevrstvé kompozitní složení polyetylénhliníkového potrubí umožňuje kombinovat přednosti a výhody plastu

s přednostmi kovových potrubí při současném potlačení nevýhod obou.<sup>27</sup>

### Technické informace:

- balení 200 m;
- vysoká tepelná vodivost 0,43 W/(mK);
- 5 vrstvá výrobní technologie s laserovým svařováním vnitřního hliníkového potrubí;
- 100 % nepropustnost kyslíku;
- speciální barva RED na povrchu pro identifikaci případného poškození potrubí při instalaci;
- velmi flexibilní a snadno ohýbatelná, snadná instalace a zpracování;
- vysokopevnostní konstrukce - provozní tlak 3 - 10 bar;
- provozní teplota 25 °C - 60 °C / 90°C (krátkodobě 110 °C);
- nejmenší roztažnost ve své třídě - koeficient délkové roztažnosti 0,025 mm/(mK);
- nejmenší poloměr ohybu 5 x vnější průměr;
- nezanášá se (koeficient drsnosti 0,007 mm);
- technicky vyjádřená životnost činí 1 milion hodin s garancí nejméně 50 let (životnost více než 100 let).



**Obrázek 24** Potrubí RED 16x2 PEX - AL - PEX - Laser

<sup>27</sup> EUROSISTEMY GROUP, s.r.o. [online]. Praha 4 - Modřany: EUROSISTEMY GROUP, 2010 [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <https://www.topheating.cz/>

## Návrh podlahového vytápění

Výpočet je založen na volbě střední povrchové teploty podlahy s ohledem na hygienicky přípustné hodnoty a výpočtem tepelného výkonu podlahové otopné plochy, která bude krýt tepelné ztráty místností.

Hlavním výkonovým parametrem je měrný tepelný výkon  $q$  při fyziologicky přípustné střední povrchové teplotě podlahové plochy  $\theta_p$ .

Střední teplota povrchu podlahy je maximálně o 9 K vyšší, než požadovaná výsledná teplota v místnosti. V okrajových zónách je možné zvýšit tento teplotní rozdíl až na 15 K maximálních dovolených teplot povrchu podlahy  $\theta_{F,max}$ , pak vycházejí i maximální dosažitelné výkony podlahového soustavy  $q_{G,max}$ .

### Výkon podlahové soustavy, ověření použitelnosti soustavy

Měrný výkon podlahy (hustota tepelného toku) dodávaný do místnosti se vypočítá podle ČSN 1264 - 2 ze vztahu:

$$q = 8,92 \cdot (\theta_{F,m} - \theta_i)^{1,1}$$

kde:

$q$	hustota tepelného toku	[W/m <sup>2</sup> ]
$\theta_{F,m}$	střední teplota povrchu podlahy	[°C]
$\theta_i$	jmenovitá vnitřní teplota místnosti, definovaná jako aritmetický průměr teploty vzduchu a střední sálavé teploty	[°C]

**Tabulka 112** Hodnoty pro  $q_{G,max}$  v závislosti na  $\theta_{F,max}$  a  $\theta_i$  (ČSN 1264)

$\theta_{F,max}$ [°C]	$\theta_i$ [°C]	$q_{G,max}$ [W/m <sup>2</sup> ]	účel
29	20	100	obytná plocha
33	24	100	koupelny, plovárny, lázně apod.
35	20	175	okrajová zóna

Při instalaci podlahové otopné plochy na přírodní lze měrný tepelný výkon na spodní straně podlahové otopné plochy vypočítat zjednodušeně jako:

$$q' = \Lambda_b \cdot (\theta_p - \theta_z)$$

kde:

$\Lambda_b$	tepelná propustnost vrstvy pod trubkami	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$\theta_p$	povrchová teplota podlahové plochy	[°C]
$\theta_z$	teplota přilehlé zeminy pod podlahou	[°C]



Ve starší normě pro výpočet tepelných ztrát (ČSN 06 0210) je uváděna hodnota teploty přilehlé zeminy pod podlahou  $\theta_z = 5 \text{ °C}$ . Tato hodnota odpovídá málo tepelně izolovaným podlahám. Pro standardní skladby podlah nad terénem v souladu s ČSN 73 0540 - 2 (2011), které mají výrazně větší tloušťku tepelné izolace, lze teplotu zeminy uvažovat  $\theta_z = 3 \text{ °C}$ . U podsklepených domů je teplota zeminy přilehlá k podlaze odvislá od hloubky, ve které se podlaha nachází.

Šířka okraje  $r$ , respektive vzdálenost krajní trubky otopného hada od stěny, závisí na charakteristickém čísle podlahy  $m$ , což vyjadřuje empirický vztah:

$$r = \frac{2,3}{m}$$

kde:

$m$  charakteristické číslo podlahy [m<sup>-1</sup>]

Tepelný výkon podlahové otopné plochy  $Q_p$  je dán vztahem:

$$Q_p = S_p \cdot (q + q')$$

kde:

$S_p$  skutečná podlahová plocha otopného hada [m<sup>2</sup>]

Skutečný celkový tepelný výkon otopné plochy  $Q_{pc}$  [W] je vyšší o tepelný tok, který sdílí okrajová plocha u zdi, ve které nejsou položeny trubky. V praxi se může jednat o nárůst tepelného výkonu v rozsahu od 5 % do 30 %.

Tepelný výkon okrajové plochy  $Q_o$  je vyjádřen vztahem:

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{Q_p}{S_p} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{t_{gh} \left( \frac{l}{2} \cdot m \right)}$$

kde:

$Q_p$  obvod otopné podlahové plochy vymezený krajními trubkami [m]

$S_p$  otopná podlahová plocha ohraničená krajní trubkou [m<sup>2</sup>]

$m$  charakteristické číslo podlahy [m<sup>-1</sup>]

$l$  rozteč trubek [m]

Vliv nábytku na vysokých nohách je možné zanedbat. V ploše pod nábytkem s nízkými nohama se výkon podlahové otopné plochy snižuje cca o 50 % a u nábytku se soklem se plocha odečítá.

Celkový tepelný výkon instalované podlahové otopné plochy je pak:

$$Q_{PC} = Q_P + Q_O$$

Střední teplota otopné vody závisí na rozteči trubek, jejich průměru, tepelném odporu stropní konstrukce nad a pod rovinou trubek a na teplotách vzduchu nad a pod počítaným stropem, na teplotách okolních ploch, na rychlosti proudění vzduchu a na dalších faktorech.

#### Hydraulický výpočet

Hydraulický výpočet řeší stanovení tlakových ztrát a nastavení seřizovacích armatur při daném hmotnostním průtoku a dimenzi potrubí. Hmotnostní průtok se stanoví ze vztahu:

$$m_H = \frac{Q_H}{\sigma \cdot c_w}$$

kde:

$Q_H$	příkon podlahového soustavy	[W]
$m_H$	návrhový průtok teplotnosné látky	[kg/s]
$\sigma$	teplotní spád teplotnosné látky, rozdíl přívodní a vratné teploty teplotnosné látky	[K]
$c_w$	měrná tepelná kapacita teplotnosné látky	[J/(kg·K)]
pro vodu $c_w = 4\,190 \text{ J/(kg·K)}$		

Tlakové ztráty v okruzích podlahového soustavy vyplývají z délky potrubí a hmotnostního průtoku.

Pokud se změny směru vedení potrubí provádějí jeho tvarováním v obloucích, nikoliv tvarovkami, je možné tlakové ztráty místními odpory zanedbat a počítá se pouze tlaková ztráta třením o stěny potrubí. Do délky potrubí je nutno započítat i délku přípojných potrubí od rozdělovače a sběrače.

Pro běžné případy meandrové pokládky lze pro výpočet délky potrubí použít zjednodušeného vztahu:

$$l = \frac{A}{T}$$

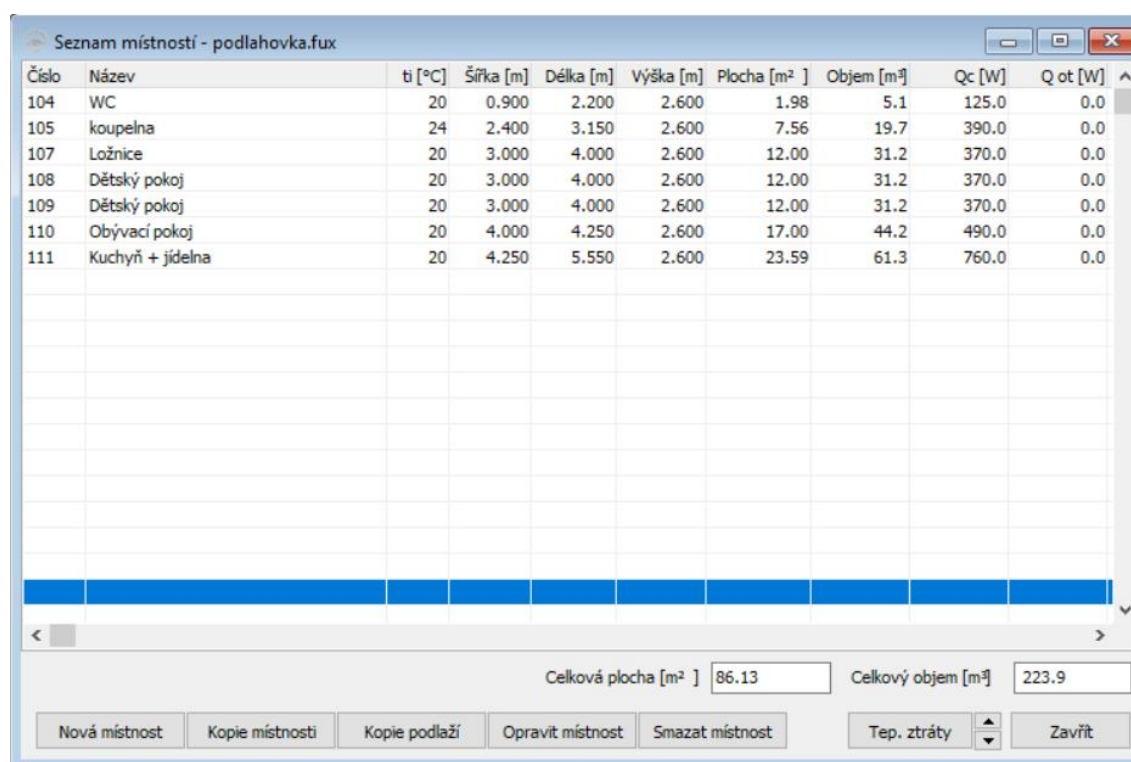
kde:

$l$	rozvinutá délka potrubí podlahového soustavy bez přípojek	[m]
$A$	plocha podlahového soustavy	[m <sup>2</sup> ]
$T$	rozteč trubek	[m]

Nastavení seřizovacích armatur řeší tlakové rozdíly při více okruzích podlahového soustavy a počítá se dle obecně platných postupů pro vytápění, kde každý okruh je považován za obecný odběr s daným hmotnostním průtokem a tlakovou ztrátou.

Na základě výše uvedených algoritmů je podlahového vytápění navrženo prostřednictvím výpočtového softwaru od společnosti UNIVERSA.<sup>28</sup>

**Tabulka 113** Software UNIVERSA - přehled místností



The screenshot shows a window titled "Seznam místností - podlahovka.fux". It contains a table with the following data:

Číslo	Název	ti [°C]	Šířka [m]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m²]	Objem [m³]	Qc [W]	Qot [W]
104	WC	20	0.900	2.200	2.600	1.98	5.1	125.0	0.0
105	koupelna	24	2.400	3.150	2.600	7.56	19.7	390.0	0.0
107	Ložnice	20	3.000	4.000	2.600	12.00	31.2	370.0	0.0
108	Dětský pokoj	20	3.000	4.000	2.600	12.00	31.2	370.0	0.0
109	Dětský pokoj	20	3.000	4.000	2.600	12.00	31.2	370.0	0.0
110	Obývací pokoj	20	4.000	4.250	2.600	17.00	44.2	490.0	0.0
111	Kuchyň + jídelna	20	4.250	5.550	2.600	23.59	61.3	760.0	0.0

Below the table, there are summary fields: "Celková plocha [m²]" with value 86.13 and "Celkový objem [m³]" with value 223.9. At the bottom, there are buttons: "Nová místnost", "Kopie místnosti", "Kopie podlaží", "Opravit místnost", "Smazat místnost", "Tep. ztráty" (with a dropdown arrow), and "Zavřít".

<sup>28</sup> UNIVERSA tepelná technika s.r.o.: Podlahové topení [online]. Brno: D3Soft, 2017 [cit. 2017-12-27]. Dostupné z: <http://www.universa.cz/>

**Tabulka 114** Software UNIVERSA - přehled tepelných ztrát

[illegible]

<b>Místnost 105</b>		
<b>Název</b>	koupelna	
<b>Teplota ti</b>	24	[°C]
<b>Plocha</b>	7.56	[m² ]
Požadavek pokrytí tep. ztrát	100 	[%]
Nevyužitá plocha	2.48	[m² ]
Konstrukce podlahy	Pd002	Katalog
R podl.krytiny	0.010	[m² .K.W <sup>-1</sup> ]
Tloušťka podl.krytiny	0.010	[m]
Tep. vodivost roznášecí vrstvy	1.3	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Tloušťka roznášecí vrstvy	0.070	[m]
R vrstvy pod trubkami	1.210	[m² .K.W <sup>-1</sup> ]
Tloušťka vrstvy pod trubkami	0.310	[m]
Teplota pod podlahou tu	3	[°C]
Max. povrchová teplota t <sub>fmax</sub>	33.0	[°C]

<b>Místnost 107</b>		
<b>Název</b>	Ložnice	
<b>Teplota ti</b>	20	[°C]
<b>Plocha</b>	12.00	[m <sup>2</sup> ]
Požadavek pokrytí tep. ztrát	100	[%]
Nevyužitá plocha	0.00	[m <sup>2</sup> ]
Konstrukce podlahy	Pd007	Katalog
R podl.krytiny	0.050	[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]
Tloušťka podl.krytiny	0.010	[m]
Tep. vodivost roznášecí vrstvy	1.2	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Tloušťka roznášecí vrstvy	0.065	[m]
R vrstvy pod trubkami	3.950	[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]
Tloušťka vrstvy pod trubkami	0.355	[m]
Teplota pod podlahou tu	3	[°C]
Max. povrchová teplota tfmax	29.0	[°C]

**Obrázek 25** Software UNIVERSA - příklad detailů podlahového vytápění

**Tabulka 115** Software UNIVERSA - skladba podlah Pd002 a Pd007

Rv	Pořadí	Název materiálu	Tloušťka [m]	k [W.m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
	1	Keramická dlažba	0.010	5.61
*	2	Anhydrit	0.065	4.49
	3	Polystyrén pěnový, vypěnovaný - PPS - 30	0.140	0.25
	4	Beton hutný - 2200	0.150	3.63

Rv	Pořadí	Název materiálu	Tloušťka [m]	k [W.m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
	1	Plovoucí podlaha	0.010	4.58
*	2	Anhydrit	0.065	4.49
	3	EPS 100	0.140	0.25
	4	Beton hutný - 2200	0.150	3.63

**Tabulka 116** Software UNIVERSA - návrh roztečí podlahového vytápění

Podlahové vytápění - podlahovka.fux

Rozteče Přívody

Číslo	Místnost	ti [°C]	tu [°C]	S [m²]	Qr [W]	tv [°C]	Δt [K]	Výkon [W]	Pokrytí [%]	Rozteč [mm]	l [m]	t <sub>fmax</sub> [°C]	R <sub>pk</sub> [m² .K.W <sup>-1</sup> ]	OZ rozteč [mm]	OZ plocha [m²]
104	WC	20	3	1.70	125	40.0	11.5	125	100	150 - 25/5	11.2	29.0	0.010		
105	koupelna	24	3	5.08	390	40.0	7.5	390	100	100 - 5/25/5	50.8	33.0	0.010		
107	Ložnice	20	3	12.00	370	40.0	14.0	370	100	350 - 35/35	37.2	29.0	0.050		
108	Dětský pokoj	20	3	12.00	370	40.0	14.0	370	100	350 - 35/35	37.2	29.0	0.050		
109	Dětský pokoj	20	3	12.00	370	40.0	14.0	370	100	350 - 35/35	37.2	29.0	0.050		
110	Obývací pokoj	20	3	17.00	490	40.0	15.0	490	100	350 - 35/35	52.7	29.0	0.050		
111	Kuchyň + jídelna	20	3	19.00	760	40.0	14.5	760	100	300 - 30/30	68.4	29.0	0.010		

Přívodní teplota: 40.0 [°C] Trubka: PE 16x2

Rozteč	Délka	Chybi	Pokrytí
100 mm			
150 mm			
200 mm			
250 mm			
300 mm			
350 mm			

Opravit Zrušit Okraj. zóna Stén.vytápění Zavřít

**Tabulka 117** Software UNIVERSA - návrh přívodů podlahového vytápění

Podlahové vytápění - podlahovka.fux

Rozteče Přívody

Číslo	Místnost	Zbývá [m²]	Rozdělovač	Okruh	Délka [m]	Přívody [m]	Celkem [m]	Výkon [W]	Průtok [kg.h <sup>-1</sup> ]	Tlak.ztráta [Pa]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]
107	Ložnice	0.00	1	3	37.2	16.5	53.7	437	26.7	655.1	0.1
108	Dětský pokoj	0.00	1	4	37.2	10.7	47.9	437	26.7	606.5	0.1
109	Dětský pokoj	0.00	1	5	37.2	4.7	41.9	437	26.7	556.2	0.1
110	Obývací pokoj	0.00	1	6	52.7	7.3	60.0	584	33.4	1 049.0	0.1
111	Kuchyň + jídelna	0.00	1	7	68.4	2.0	70.4	867	51.2	2 489.9	0.1

Rozdělovač	Vývod	Teplota [°C]	Průtok [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výkon [W]	Tlak.ztráta [Pa]	Typ
1 P	7	40.0	232.9	3 411	2 936.9	I

Přidat Kopie Opravit Smazat Rozdělovač Stén.vytápění Zavřít

## Zdroj podlahového vytápění

Nezanedbatelnou výhodou systému podlahového topení Top heating® je možnost spojení s jakýmkoliv zdrojem tepla. Navrženým zdrojem pro podlahové vytápění je tepelné čerpadlo vzduch/voda s vnitřní systémovou jednotkou. Navržený teplotní spád podlahového vytápění je 40/30 °C.

### B.2.3.3 Tepelné čerpadlo

Výpočet potřeba tepla a dodané energie pro vytápění a přípravu teplé vody byl proveden pomocí softwaru PROTECH - TOB 2011.

Tabulka 118 Vstupní údaje pro tepelné čerpadlo

Vstupní údaje			
Lokalita	Třebíč (Bítovánky)		
Nadmořská výška	406	m n. m.	
Délka otopné sezóny	306	dní	
Průměrná teplota během otopného období	$t_{es}$	4,6	°C
Návrhová venkovní teplota v zimním období	$t_e$	-15	°C
Převažující návrhová vnitřní teplota	$t_i$	20	°C
Mezní teplota otopného období	$t_{em}$	13	°C
Teplota připravované teplé vody	$t_{TV}$	55	°C
Teplota topné vody	$t_{w1}$	55	°C
Teplota vratné vody	$t_{w2}$	30	°C
Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody	$Q_{W,nd}$	2 765	kWh
Roční potřeba tepla na vytápění	$Q_{H,nd}$	3 637	kWh

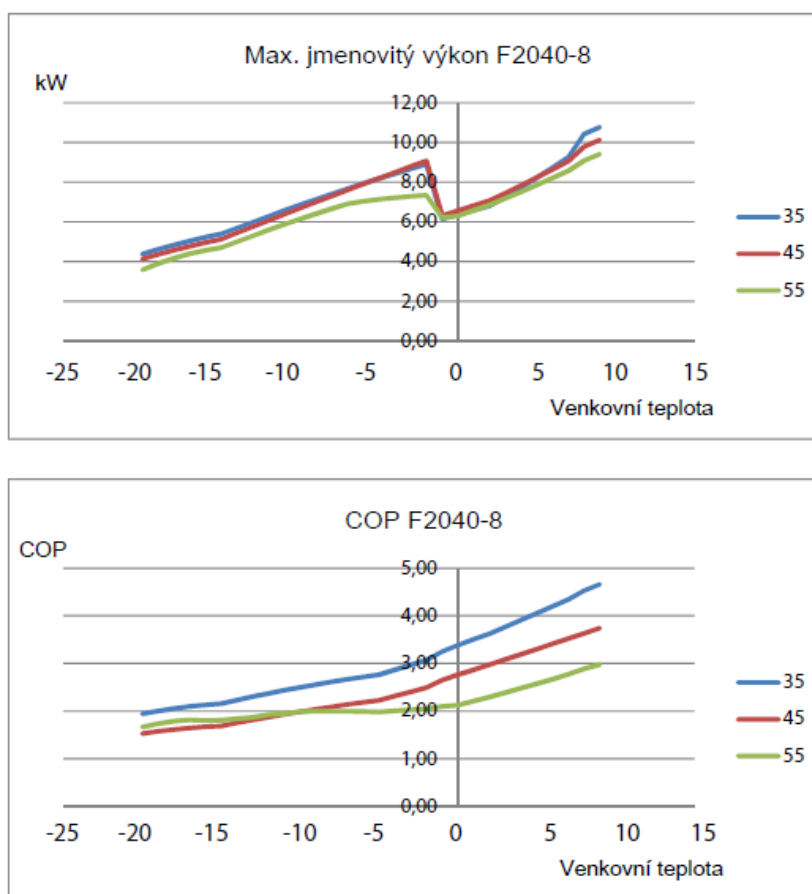
Tabulka 119 Stanovení počtu denostupňů

Výpočtový interval	Klimatická data		
	$t_{e,j}$	$\tau_j$	D
měsíc	[°C]	[hod.]	[K·hod.]
Leden	-1,3	744	15 847
Únor	-0,1	672	13 507
Březen	3,7	744	12 127
Duben	8,1	720	8 568
Květen	13,3	744	0
Červen	16,1	720	0
Červenec	18,0	744	0
Srpen	17,9	744	0
Září	13,5	720	0
Říjen	8,3	744	8 705
Listopad	3,2	720	12 096
Prosinec	0,5	744	14 508
Celkem		8 760	85 358

Je navrženo tepelné čerpadlo systému vzduch/voda NIBE F 2040 - 8. Výkon tepelného čerpadla je až 8 kW.

**Tabulka 120** Vypočítané hodnoty pro tepelné čerpadlo

Vypočítané hodnoty			
Počet hodinostupňů za otopné období	$D$	85 358	K·hod
Roční potřeba tepla na vytápění a přípravu TV	$Q_{nd}$	6 402	kWh
Roční dodávka tepla TČ na přípravu teplé vody	$Q_{W,gen}$	3 780	kWh
Roční dodávka tepla TČ na vytápění	$Q_{H,gen}$	4 924	kWh
Roční potřeba elektrické energie na provoz TČ	$E_{t,TČ}$	3 238	kWh
Roční potřeba elektrické energie pro pohon pomocných zařízení	$E_{t,POM}$	48	kWh
Roční pokrytí potřeby tepla tepelným čerpadlem	$t_{w2}$	135	%
Jmenovitý topný faktor TČ	$COP$	3,5	W/W
Roční provozní topný faktor vytápění	$COP_{,H}$	2,9	W/W
Roční provozní topný faktor příprava TV	$COP_{,W}$	2,45	W/W



**Graf 27** Výkon a topný faktor (COP) tepelného čerpadla F2040 - 8 při různých výstupních teplotách

### **B.3 Průkaz energetické náročnosti budovy**

V této části diplomové práce je uveden průkaz energetické náročnosti budovy pro výchozí stav a pro variantu č. 2, jež je ekonomicky a energeticky nejoptimálnější variantou navržených opatření.

V PENB pro výchozí stav objektu jsou uvedena doporučená opatření a jejich popis s vyčíslením předpokládané úspory dodané a obnovitelné energie za rok.

Průkaz energetické náročnosti budovy byl zpracován pomocí softwaru PROTECH - TV - PRŮKAZ 2013, hodnocení budovy bylo provedeno podle vyhlášky č. 78/2013 Sb.



## B.3.1 PENB - výchozí stav

### B.3.1.1 Protokol průkazu

**Průkaz ENB podle vyhlášky č.78/2013 Sb.**  
977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
Zakázka: Výchozí stav

Průkaz 2013 v.4.6.5-vv9 © PROTECH spol. s r.o.  
Datum tisku: 03.01.2018

#### PROTOKOL PRŮKAZU

##### Účel zpracování průkazu

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Nová budova        | <input type="checkbox"/> Budova užívaná orgánem veřejné moci |
| <input type="checkbox"/> Prodej budovy nebo její části | <input type="checkbox"/> Pronájem budovy nebo její části     |
| <input type="checkbox"/> Větší změna dokončené budovy  | <input type="checkbox"/> Žádost o poskytnutí dotace          |
| <input type="checkbox"/> Jiný účel zpracování :        |  |

##### Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ) :	Ratibořice na Moravě p. č. 596/20 675 51
Katastrální území :	Ratibořice
Parcelní číslo :	596/20
Datum uvedení do provozu (nebo předpokládané uvedení do provozu) :	
Vlastník nebo stavebník :	Miroslav Rodek
Adresa :	Ratibořice 26, Jaroměřice nad Rokytou, 675 51
IČ :	
Telefon :	
email :	

**Průkaz ENB podle vyhlášky č.78/2013 Sb.**

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.

Zakázka: Výchozí stav

Průkaz 2013 v.4.6.5-vv9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

Typ budovy		
<input checked="" type="checkbox"/> Rodinný dům	<input type="checkbox"/> Bytový dům	<input type="checkbox"/> Budova pro ubytování a stravování
<input type="checkbox"/> Administrativní budova	<input type="checkbox"/> Budova pro zdravotnictví	<input type="checkbox"/> Budova pro vzdělávání
<input type="checkbox"/> Budova pro sport	<input type="checkbox"/> Budova pro obchodní účely	<input type="checkbox"/> Budova pro kulturu
<input type="checkbox"/> Jiné druhy budov:		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	jednotky	hodnota
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m <sup>3</sup> ]	505,3
Celková plocha obálky A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m <sup>2</sup> ]	336,6
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,666
Celková energeticky vztažná plocha A <sub>e</sub>	[m <sup>2</sup> ]	146,5

Druhy energie (energonositelé) užívané v budově	
<input type="checkbox"/> Hnědé uhlí	<input type="checkbox"/> Černé uhlí
<input type="checkbox"/> Topný olej	<input type="checkbox"/> Propan - butan / LPG
<input type="checkbox"/> Kusové dřevo, dřevní štěpka	<input type="checkbox"/> Dřevěné peletky
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn	<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina
<input type="checkbox"/> Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:	
<input type="checkbox"/> Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): <u>podíl OZE:</u> <input type="checkbox"/> do 50% včetně, <input type="checkbox"/> nad 50% do 80%, <input type="checkbox"/> nad 80%	
<input type="checkbox"/> Energie okolního prostředí: <u>účel:</u> <input type="checkbox"/> na vytápění, <input type="checkbox"/> pro přípravu teplé vody, <input type="checkbox"/> na výrobu elektrické energie	
Druhy energie dodávané mimo budovu	
<input type="checkbox"/> Elektřina	<input type="checkbox"/> Teplo <input checked="" type="checkbox"/> Žádné

## Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

### A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla							
Konstrukce obálky budovy	Plocha $A_j$	Součinitel prostupu tepla			Splněno	Činitel teplotní redukce $b_j$	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota $U_j$	$e1 \cdot U_{N,20}$	Referenční hodnota $U_{N,20}/U_{rec,20}$			
	[m <sup>2</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	(ano/ne)	[-]	[W/K]
SO1 HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená	94,1	0,15	0,30	0,30 / 0,25	-	1,00	14,5
DO1 Vstupní dveře	2,9	1,50	2,47	1,70 / 1,20	-	1,00	4,3
OT1 700/1000	1,4	1,10	2,18	1,50 / 1,20	-	1,00	1,5
OT7 700/1000	0,7	1,10	1,20	1,50 / 1,20	-	1,00	0,8
OT4 1750/1500	2,6	1,10	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	2,9
OT2 1000/2250	6,8	1,10	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	7,4
OT6 2750/2300	6,3	1,10	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	7,0
OT3 1500/2250	3,4	1,10	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	3,7
STR1 Strop	29,7	0,16	0,24	0,24 / 0,16	-	1,00	4,6
STR2 Strop	72,0	0,16	0,24	0,24 / 0,16	-	1,00	11,2
STR3 Strop	7,6	0,16	0,24	0,24 / 0,16	-	1,00	1,2
PDL1 Keramická dlažba	20,2	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,64	3,4
PDL2 Keramická dlažba	25,6	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,64	4,3
PDL3 Plovoucí podlaha	46,4	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,63	7,7
PDL4 Plovoucí podlaha	9,5	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,63	1,6
PDL5 Keramická dlažba	7,6	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,64	1,3
Tepelné vazby mezi konstrukcemi	336,6	0,020		-	-	1,00	6,7
<b>Celkem</b>	336,6						84,0

**Poznámka**

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla			
Zóna	Převažující návrhová vnitřní teplota	Objem zóny	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny
	$\Theta_{m,j}$	$V_j$	$U_{em,R,j}$
	[°C]	[m <sup>3</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Zóna 1 - Zóna 1	20,0	505,3	0,29

**Průkaz ENB podle vyhlášky č.78/2013 Sb.**

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.

Zakázka: Výchozí stav

Průkaz 2013 v.4.6.5-vv9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota $U_{em}$ ( $U_{em} = H_T/A$ )	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ( $U_{em,R} = \Sigma(V_i \cdot U_{em,R,i})/V$ )	Splněno
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	(ano/ne)
	0,250	0,294	ANO

**Poznámka**

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm. b).

**B) technické systémy**

b.1.a) vytápění							
Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[%]/[-]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	80,0	85,0	80,0
Zóna 1	Viadrus K4G3	Zemní plyn	100,0	10,0	94,0	85,0	88,0

b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění				
Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla $\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]/[-]	[%]/[-]	[ano/ne]
Zóna 1	Viadrus K4G3	94,0	80,0	ANO

## Poznámka

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.3) větrání								
Hodnocená budova / zóna	Typ větracího systému	Energonositel	Tepelný výkon	Chladicí výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání $SFP_{ahu}$
	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[%]	[W]	[m³/hod]	[W·s/m³]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	x	1750
Budova celkem			0,0	0,0	0	0,0	0	

b.5.a) příprava teplé vody (TV)								
Hodnocená budova / zóna	Systém přípravy TV v budově	Energono- sitel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[litry]	[%]/[-]	[Wh/(l·den)]	[Wh/(m·den)]
Referenční budova	x	x	x	x	x	85	7	150
ZÓNA 1	centrální	Zemní plyn	100,0	10,5	200	94,0	7,0	150,0

b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody				
Hodnocená budova / zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen,rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]/[-]	[%]/[-]	[ano/ne]
ZÓNA 1	centrální	94,0	85,0	ANO

## Poznámka

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.6) osvětlení				
Hodnocená budova / zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztažený k osvětlenosti zóny $P_{L,lx}$
	[-]	[%]	[kW]	[W/(m <sup>2</sup> ·lx)]
Referenční budova	x	x	x	0,29
Zóna 1	Přímá - úsporné žárovky	100,0	0,208	0,05
Budova celkem			0,208	

### Energetická náročnost hodnocené budovy

a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova zóna	Vytápění EP <sub>H</sub>	Chlazení EP <sub>C</sub>	Nucené větrání EP <sub>F</sub>		Příprava teplé vody EP <sub>W</sub>	Osvětlení EP <sub>L</sub>	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			NV1	NV2			OZE I	OZE E
Zóna 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nucené větrání : NV1 - bez úpravy vlhčením NV2 - s úpravou vlhčením

Výroba z OZE : OZE I - pro budovu OZE E - i dodávku mimo budovu

b) dílčí dodané energie

	Budova	Potřeba energie	Vypočtená spotřeba energie	Pomocná energie	Dílčí dodaná energie	Měrná dílčí dodaná ener. na celkovou energeticky vztažnou plochu AE
		[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Vytápění	Referenční	8 349	15 348	176	15 524	105,9
	Hodnocená	7 711	10 967	88	11 055	75,4
Chlazení	Referenční	0	0	0	0	0,0
	Hodnocená	0	0	0	0	0,0
Větrání	Referenční			0	0	0,0
	Hodnocená			0	0	0,0
Úprava vzduchu	Referenční			0	0	0,0
	Hodnocená			0	0	0,0
Příprava TV	Referenční	2 765	4 949	263	5 212	35,6
	Hodnocená	2 765	4 770	142	4 912	33,5
Osvětlení	Referenční	3 355	3 355	0	3 355	22,9
	Hodnocená	581	581	0	581	4,0

**c) výroba energie umístěná v budově, na budově nebo na pomocných objektech**

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
jednotky		[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> - teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> - elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP <sub>PV</sub> - elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Solární termické systémy Q <sub>H,sc,sys</sub> - teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

**d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů**

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie/ Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Zemní plyn	15 736	1,1	1,1	17 310	17 310
Elektřina ze sítě	811	3,2	3,0	2 595	2 432
<b>Celkem</b>	<b>16 547</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>19 905</b>	<b>19 742</b>



**e) požadavek na celkovou dodanou energii**

(6)	Referenční budova	[kWh/rok]	24 090,6	Splněno (ano/ne)	ANO
(7)	Hodnocená budova		16 547,2		
(8)	Referenční budova	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	164,4		
(9)	Hodnocená budova		112,9		

**f) požadavek na neobnovitelnou primární energii**

(10)	Referenční budova	[kWh/rok]	33 706,7	Splněno (ano/ne)	ANO
(11)	Hodnocená budova		19 742,5		
(12)	Referenční budova	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	230,0		
(13)	Hodnocená budova		134,7		

**g) primární energie hodnocené budovy**

(14)	Celková primární energie	[kWh/rok]	19 904,6
(15)	Obnovitelná primární energie	[kWh/rok]	162,2
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie	[%]	0,8

**Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů  
dodávek energie u nových budov a u větší změny dokončených budov**

Posouzení proveditelnosti				
Alternativní systémy	Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	Soustava zásobování tepelnou energií	Tepelné čerpadlo
Technická proveditelnost	Ano	Ne	Ne	Ne
Ekonomická proveditelnost	Ne	Ne	Ne	Ne
Ekologická proveditelnost	Ne	Ne	Ne	Ne
Doporučení k realizaci a zdůvodnění				
Datum vypracování analýzy	3.1.2018			
Zpracovatel analýzy	Bc. Daniela Rodková			
Energetický posudek	povinnost vypracovat energetický posudek		Ano	
	energetický posudek je součástí analýzy		Ano	
	datum vypracování energetického posudku		3.1.2018	
	zpracovatel energetického posudku		Bc. Daniela Rodková	

**Stanovení doporučených opatření  
pro snížení energetické náročnosti budovy**

Popis opatření			
	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora celkové neobnovitelné primární energie
	[MWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
<u>Stavební prvky a konstrukce budovy:</u>			
Výměna výplní otvorů	-	983	1081
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
<u>Technické systémy budovy:</u>			
vytápění			
TČ - vzduch/voda	5,0	5580	939
chlazení			
	0,0	0	0
větrání			
	0,0	4961	5033
úprava vlhkosti vzduchu			
	0,0	0	0
příprava teplé vody			
TČ - vzduch/voda, TI potrubí	3,8	990	384
osvětlení			
LED osvětlení	0,2	395	1185
<u>Obsluha a provoz systémů budovy:</u>			
	-	0	0
<u>Ostatní</u>			
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
<u>Celkem</u>	9	12909	8622

Posouzení vhodnosti doporučených opatření				
Opatření	Stavební prvky a konstrukce budovy	Technické systémy budovy	Obsluha a provoz systémů budovy	Ostatní
Technická vhodnost	Ano	Ano	Ano	Ano
Funkční vhodnost	Ano	Ano	Ano	Ano
Ekonomická vhodnost	Ano	Ano	Ano	Ano
Doporučení k realizaci a zdůvodnění				
Datum vypracování doporučených opatření	3.1.2018			
Zpracovatel navržených doporučených opatření	Bc. Daniela Rodková			
Energetický posudek	energetický posudek je součástí posouzení navržených doporučených opatření		Ano	
	datum vypracování energetického posudku		3.1.2018	
	zpracovatel energetického posudku		Bc. Daniela Rodková	

**Závěrečné hodnocení energetického specialisty**

<b>Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie</b>	
Splňuje požadavek podle §6 odst.1	ANO
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	B
<b>Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy</b>	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. a)	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. b)	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. c)	ANO
Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Budova užívaná orgánem veřejné moci</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Prodej nebo pronájem budovy nebo její části</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Jiný účel zpracování průkazu</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	

**Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz**

Jméno a příjmení	Bc. Daniela Rodková
Číslo oprávnění MPO	
Podpis energetického specialisty	

**Evidenční číslo ENEX**

Evidenční číslo ENEX	
----------------------	--

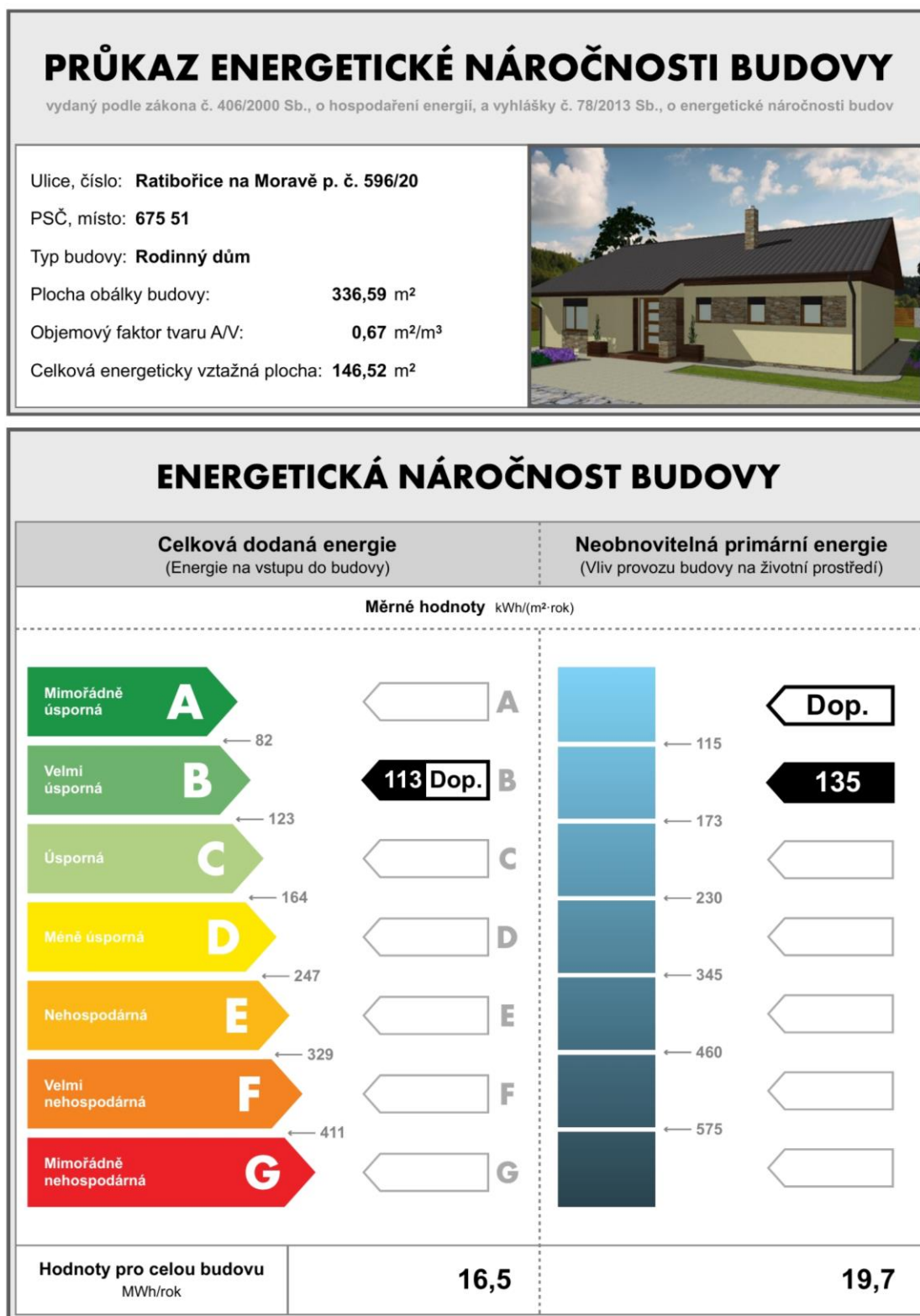
**Datum vypracování průkazu**

Datum vypracování průkazu	03.01.2018
---------------------------	------------

**Zdroj informací**

Zdroj informací	<a href="http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis">http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis</a>
-----------------	---

### B.3.1.2 Grafický průkaz



## DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

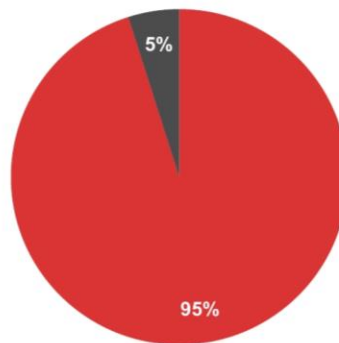
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení / klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input checked="" type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Doporučení

## PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



■ Zemní plyn - 15,7  
■ Elektřina ze sítě - 0,8

## UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílčí dodané energie Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)					
Mimořádně úsporná							
<b>A</b>	<input type="text"/>	Dop.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4 Dop.
<b>B</b>	Dop.	75	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>C</b>	0,25	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	34 Dop.	<input type="text"/>
<b>D</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>E</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>F</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>G</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mimořádně neehospodárná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		11,1				4,9	0,6

Zpracovatel: Bc. Daniela Rodková

Kontakt:

Osvědčení č.:

Vyhotoveno dne: 03.01.2018

Podpis:

## B.3.2 PENB - varianta č. 2

### B.3.2.1 Protokol průkazu

**Průkaz ENB podle vyhlášky č.78/2013 Sb.**  
977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
Zakázka: varianta č. 2

Průkaz 2013 v.4.6.5-vv9 © PROTECH spol. s r.o.  
Datum tisku: 03.01.2018

#### PROTOKOL PRŮKAZU

##### Účel zpracování průkazu

<input checked="" type="checkbox"/> Nová budova	<input type="checkbox"/> Budova užívaná orgánem veřejné moci
<input type="checkbox"/> Prodej budovy nebo její části	<input type="checkbox"/> Pronájem budovy nebo její části
<input type="checkbox"/> Větší změna dokončené budovy	<input type="checkbox"/> Žádost o poskytnutí dotace
<input type="checkbox"/> Jiný účel zpracování :	

##### Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ) :	Ratibořice na Moravě p. č. 596/20 675 51
Katastrální území :	Ratibořice na Moravě
Parcelní číslo :	596/20
Datum uvedení do provozu (nebo předpokládané uvedení do provozu) :	
Vlastník nebo stavebník :	Miroslav Rodek
Adresa :	Ratibořice 26, Jaroměřice nad Rokytnou, 675 51
IČ :	
Telefon :	
email :	



Typ budovy		
<input checked="" type="checkbox"/> Rodinný dům	<input type="checkbox"/> Bytový dům	<input type="checkbox"/> Budova pro ubytování a stravování
<input type="checkbox"/> Administrativní budova	<input type="checkbox"/> Budova pro zdravotnictví	<input type="checkbox"/> Budova pro vzdělávání
<input type="checkbox"/> Budova pro sport	<input type="checkbox"/> Budova pro obchodní účely	<input type="checkbox"/> Budova pro kulturu
<input type="checkbox"/> Jiné druhy budovy :		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	jednotky	hodnota
Objem budovy V (objem částí budovy s upraveným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m <sup>3</sup> ]	505,3
Celková plocha obálky A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m <sup>2</sup> ]	336,6
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,666
Celková energeticky vztažná plocha A <sub>e</sub>	[m <sup>2</sup> ]	146,5

Druhy energie (energonositelů) užívané v budově	
<input type="checkbox"/> Hnědé uhlí	<input type="checkbox"/> Černé uhlí
<input type="checkbox"/> Topný olej	<input type="checkbox"/> Propan - butan / LPG
<input type="checkbox"/> Kusové dřevo, dřevní štěpka	<input type="checkbox"/> Dřevěné peletky
<input type="checkbox"/> Zemní plyn	<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina
<input type="checkbox"/> Jiná paliva nebo jiný typ zásobování :	
<input type="checkbox"/> Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo):	
<u>podíl OZE:</u> <input type="checkbox"/> do 50% včetně, <input type="checkbox"/> nad 50% do 80%, <input type="checkbox"/> nad 80%	
<input checked="" type="checkbox"/> Energie okolního prostředí (tepelné čerpadlo)	
<u>účel:</u> <input checked="" type="checkbox"/> na vytápění, <input checked="" type="checkbox"/> pro přípravu teplé vody, <input type="checkbox"/> na výrobu elektrické energie	
Druhy energie dodávané mimo budovu	
<input type="checkbox"/> Elektřina	<input type="checkbox"/> Teplo <input checked="" type="checkbox"/> Žádné

## Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

### A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla							
Konstrukce obálky budovy	Plocha $A_j$	Součinitel prostupu tepla			Splněno	Činitel teplotní redukce $b_j$	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota $U_j$	$e1.U_{N,20}$	Referenční hodnota $U_{N,20}/U_{rec,20}$			
	[m <sup>2</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	(ano/ne)	[-]	[W/K]
SO1 HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená	94,1	0,15	0,30	0,30 / 0,25	-	1,00	14,5
DO1 Vstupní dveře	2,9	0,90	2,47	1,70 / 1,20	-	1,00	2,6
OT1 700/1000	1,4	0,72	2,18	1,50 / 1,20	-	1,00	1,0
OT7 700/1000	0,7	0,72	1,20	1,50 / 1,20	-	1,00	0,5
OT4 1750/1500	2,6	0,72	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	1,9
OT2 1000/2250	6,8	0,72	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	4,9
OT6 2750/2300	6,3	0,72	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	4,6
OT3 1500/2250	3,4	0,72	1,50	1,50 / 1,20	-	1,00	2,4
STR1 Stropní konstrukce	29,7	0,16	0,24	0,24 / 0,16	-	1,00	4,6
STR2 Stropní konstrukce	72,0	0,16	0,24	0,24 / 0,16	-	1,00	11,2
STR3 Stropní konstrukce	7,6	0,16	0,24	0,24 / 0,16	-	1,00	1,2
PDL1 Keramická dlažba	20,2	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,64	3,4
PDL2 Keramická dlažba + podlahové vytápění	25,6	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,65	4,3
PDL3 Plovoucí podlaha + podlahové vytápění	46,4	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,69	8,3
PDL4 Plovoucí podlaha + podlahové vytápění	9,5	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,62	1,5
PDL5 Keramická dlažba + podlahové vytápění	7,6	0,26	0,45	0,45 / 0,30	-	0,72	1,4
Tepelné vazby mezi konstrukcemi	336,6	0,020		-	-	1,00	6,7
<b>Celkem</b>	336,6						75,1

Poznámka

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla			
Zóna	Převažující návrhová vnitřní teplota	Objem zóny $V_j$	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny
	$\Theta_{im,j}$		$U_{em,R,j}$
	[°C]	[m <sup>3</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Zóna 1 - Zóna 1	20,0	505,3	0,29

**Průkaz ENB podle vyhlášky č.78/2013 Sb.**

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.

Zakázka: varianta č. 2

Průkaz 2013 v.4.6.5-vv9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota $U_{em}$ ( $U_{em} = H_T/A$ )	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ( $U_{em,R} = \Sigma(V_i \cdot U_{em,R,i})/V$ )	Splněno
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	(ano/ne)
	0,223	0,295	ANO

**Poznámka**

Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm. b).

## B) technické systémy

b.1.a) vytápění							
Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energono- nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytá- pění	Jmeno- vitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost distribu- ce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[%]/[-]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	80,0	85,0	80,0
Zóna 1	NIBE F2040-6 - vzduch/voda	Elektřina ze sítě	100,0	7,0	3,50	89,0	83,0

b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění				
Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla $\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]/[-]	[%]/[-]	[ano/ne]
Zóna 1	NIBE F2040-6 - vzduch/voda	3,50	3,0	ANO

### Poznámka

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.3) větrání								
Hodnocená budova / zóna	Typ větracího systému	Energono- nositel	Tepelný výkon	Chladicí výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání $SFP_{ahu}$
	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[%]	[W]	[m³/hod]	[W·s/m³]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	x	1750
Budova celkem			0,0	0,0	0	0,0	0	

b.5.a) příprava teplé vody (TV)								
Hodnocená budova / zóna	Systém přípravy TV v budově	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[litry]	[%]/[-]	[Wh/(l·den)]	[Wh/(m·den)]
Referenční budova	x	x	x	x	x	85	7	150
ZÓNA 1	centrální	Elektrina ze sítě	100,0	2,0	0	3,5	7,0	119,0

b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody				
Hodnocená budova / zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen,rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]/[-]	[%]/[-]	[ano/ne]
ZÓNA 1	centrální	3,5	3,0	ANO

## Poznámka

Hodnocení splnění požadavku ve sloupci Splněno je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.6) osvětlení				
Hodnocená budova / zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztažený k osvětlenosti zóny $P_{L,lx}$
	[-]	[%]	[kW]	[W/(m <sup>2</sup> ·lx)]
Referenční budova	x	x	x	0,06
Zóna 1	LED osvětlení	100,0	0,083	0,02
Budova celkem			0,083	

**Energetická náročnost hodnocené budovy**

a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova zóna	Vytápění EP <sub>H</sub>	Chlazení EP <sub>C</sub>	Nucené větrání EP <sub>F</sub>		Příprava teplé vody EP <sub>W</sub>	Osvětlení EP <sub>L</sub>	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			NV1	NV2			OZE I	OZE E
Zóna 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nucené větrání: NV1 - bez úpravy vlhčením NV2 - s úpravou vlhčením

Výroba z OZE: OZE I - pro budovu OZE E - i dodávku mimo budovu

b) dílčí dodané energie

	Budova	Potřeba energie	Vypočtená spotřeba energie	Pomocná energie	Dílčí dodaná energie	Měrná dílčí dodaná ener. na celkovou energeticky vztažnou plochu AE
		[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Vytápění	Referenční	6 730	12 372	112	12 484	85,2
	Hodnocená	3 637	4 924	48	4 972	33,9
Chlazení	Referenční	0	0	0	0	0,0
	Hodnocená	0	0	0	0	0,0
Větrání	Referenční			787	787	5,4
	Hodnocená			235	235	1,6
Úprava vzduchu	Referenční			0	0	0,0
	Hodnocená			0	0	0,0
Příprava TV	Referenční	2 765	4 348	0	4 348	29,7
	Hodnocená	2 765	3 780	0	3 780	25,8
Osvětlení	Referenční	519	519	0	519	3,5
	Hodnocená	186	186	0	186	1,3

## c) výroba energie umístěná v budově, na budově nebo na pomocných objektech

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
jednotky		[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> - teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> - elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP <sub>PV</sub> - elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Solární termické systémy Q <sub>H,sc,sys</sub> - teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

## d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů

Ergonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie/ Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Elektřina ze sítě	3 707	3,2	3,0	11 863	11 121
Energie okolí	5 466	1,0	0,0	5 466	0
<b>Celkem</b>	<b>9 173</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>17 329</b>	<b>11 121</b>

**Průkaz ENB podle vyhlášky č.78/2013 Sb.**

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.

Zakázka: varianta č. 2

Průkaz 2013 v.4.6.5-vv9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

**e) požadavek na celkovou dodanou energii**

(6)	Referenční budova	[kWh/rok]	18 138,1	Splněno (ano/ne)	ANO
(7)	Hodnocená budova		9 173,2		
(8)	Referenční budova	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	123,8		
(9)	Hodnocená budova		62,6		

**f) požadavek na neobnovitelnou primární energii - Výpočet referenční hodnoty požadovaný po 1.1.2015**

(10)	Referenční budova	[kWh/rok]	20 381,3	Splněno (ano/ne)	ANO
(11)	Hodnocená budova		11 121,1		
(12)	Referenční budova	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	139,1		
(13)	Hodnocená budova		75,9		

**g) primární energie hodnocené budovy**

(14)	Celková primární energie	[kWh/rok]	17 328,7
(15)	Obnovitelná primární energie	[kWh/rok]	6 207,6
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie	[%]	35,8



**Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů  
dodávek energie u nových budov a u větší změny dokončených budov**

Posouzení proveditelnosti				
Alternativní systémy	Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	Soustava zásobování tepelnou energií	Tepelné čerpadlo
Technická proveditelnost	Ano	Ne	Ano	Ano
Ekonomická proveditelnost	Ano	Ne	Ano	Ano
Ekologická proveditelnost	Ano	Ne	Ano	Ano
Doporučení k realizaci a zdůvodnění				
Datum vypracování analýzy	3.1.2018			
Zpracovatel analýzy	Bc. Daniela Rodková			
Energetický posudek	povinnost vypracovat energetický posudek		Ano	
	energetický posudek je součástí analýzy		Ano	
	datum vypracování energetického posudku		3.1.2018	
	zpracovatel energetického posudku		Bc. Daniela Rodková	

**Stanovení doporučených opatření  
pro snížení energetické náročnosti budovy**

Popis opatření			
	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora celkové neobnovitelné primární energie
	[MWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
<u>Stavební prvky a konstrukce budovy:</u>			
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
<u>Technické systémy budovy:</u>			
vytápění			
	0,0	0	0
chlazení			
	0,0	0	0
větrání			
	0,0	0	0
úprava vlhkosti vzduchu			
	0,0	0	0
příprava teplé vody			
	0,0	0	0
osvětlení			
	0,0	0	0
<u>Obsluha a provoz systémů budovy:</u>			
	-	0	0
<u>Ostatní</u>			
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
	-	0	0
<u>Celkem</u>	0	0	0

Posouzení vhodnosti doporučených opatření				
Opatření	Stavební prvky a konstrukce budovy	Technické systémy budovy	Obsluha a provoz systémů budovy	Ostatní
Technická vhodnost	Ano	Ano	Ano	Ano
Funkční vhodnost	Ano	Ano	Ano	Ano
Ekonomická vhodnost	Ano	Ano	Ano	Ano
Doporučení k realizaci a zdůvodnění				
Datum vypracování doporučených opatření	3.1.2018			
Zpracovatel navržených doporučených opatření	Bc. Daniela Rodková			
Energetický posudek	energetický posudek je součástí posouzení navržených doporučených opatření		Ano	
	datum vypracování energetického posudku		3.1.2018	
	zpracovatel energetického posudku		Bc. Daniela Rodková	

**Závěrečné hodnocení energetického specialisty**

<b>Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie</b>	
Splňuje požadavek podle §6 odst.1	ANO
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	B
<b>Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy</b>	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. a)	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. b)	
Splňuje požadavek podle §6 odst.2 písm. c)	
Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Budova užívaná orgánem veřejné moci</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Prodej nebo pronájem budovy nebo její části</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Jiný účel zpracování průkazu</b>	
Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	

**Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz**

Jméno a příjmení	Bc. Daniela Rodková
Číslo oprávnění MPO	
Podpis energetického specialisty	

**Evidenční číslo ENEX**

Evidenční číslo ENEX	
----------------------	--


**Datum vypracování průkazu**

Datum vypracování průkazu	03.01.2018
---------------------------	------------

**Zdroj informací**

Zdroj informací	<a href="http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis">http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis</a>
-----------------	---

### B.3.2.2 Grafický průkaz

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov	
Ulice, číslo: <b>Ratibořice na Moravě p. č. 596/20</b>	
PSČ, místo: <b>675 51</b>	
Typ budovy: <b>Rodinný dům</b>	
Plocha obálky budovy: <b>336,59 m<sup>2</sup></b>	
Objemový faktor tvaru A/V: <b>0,67 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b>	
Celková energeticky vztažná plocha: <b>146,52 m<sup>2</sup></b>	

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY		
Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)		
<div>Mimořádně úsporná <b>A</b></div> <div>← 62</div>	<div><b>A</b></div>	<div>76</div>
<div>Velmi úsporná <b>B</b></div> <div>← 93</div>	<div><b>63</b> <b>B</b></div>	<div>← 77</div>
<div>Úsporná <b>C</b></div> <div>← 124</div>	<div><b>C</b></div>	<div>← 116</div>
<div>Méně úsporná <b>D</b></div> <div>← 186</div>	<div><b>D</b></div>	<div>← 155</div>
<div>Nehospodárná <b>E</b></div> <div>← 248</div>	<div><b>E</b></div>	<div>← 232</div>
<div>Velmi nehospodárná <b>F</b></div> <div>← 309</div>	<div><b>F</b></div>	<div>← 309</div>
<div>Mimořádně nehospodárná <b>G</b></div>	<div><b>G</b></div>	<div>← 386</div>
<div>Hodnoty pro celou budovu MWh/rok</div>	<div><b>9,2</b></div>	<div><b>11,1</b></div>

### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení / klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

**Doporučení**

### PODÍL ENERGO NOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok

■ Energie okolí - 5,5  
■ Elektřina ze sítě - 3,7

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	<b>U<sub>em</sub> W/(m²·K)</b>	<b>Dílčí dodané energie</b> Měrné hodnoty kWh(m²·rok)					
Mimořádně úsporná							
<b>A</b>	<input type="text"/>	<b>34</b>	<input type="text"/>	<b>2</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<b>1</b>
<b>B</b>	<b>0,22</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>C</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<b>26</b>	<input type="text"/>
<b>D</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>E</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>F</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>G</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mimořádně ne hospodárná							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>5,0</b>		<b>0,2</b>		<b>3,8</b>	<b>0,2</b>

Zpracovatel: **Bc. Daniela Rodková**  
Kontakt:

Osvědčení č.:  
Vyhотовeno dne: **03.01.2018**  
Podpis:



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

### C APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY

#### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniela Rodková

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ADAM, Ph.D.

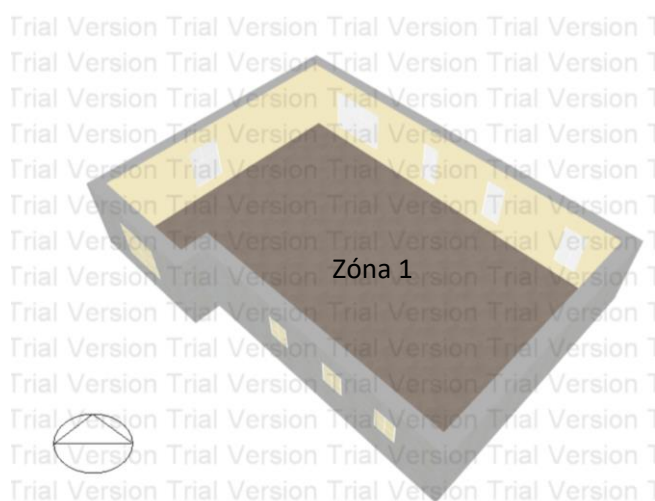
BRNO 2018

## C.1 Optimalizace ENB s využitím počítačového modelování

K počítačovému modelování byl využitý počítačový program DesignBuilder v5 s výpočetním jádrem EnergyPlus. Program umožňuje dynamickou simulaci s hodinovým krokem.<sup>29</sup>

Výchozí energetický výpočetní model byl vytvořen z konstrukcí a systémů TZB uvedených ve variantě č. 2 z výpočtové části B této práce, jež byla vyhodnocena z hlediska energeticko-ekonomického jako neoptimálnější.

Objekt je řešený jako jednozónový, na obr. 26 a 27 je zobrazena řešená zóna s vizualizace rodinného domu se zadanou orientací vůči světovým stranám - azimut SZ - 315 °.



Obrázek 26 Zobrazení zóny č. 1



Obrázek 27 Vizualizace objektu pomocí počítačového programu DesignBuilder - azimut SZ - 315 °

---

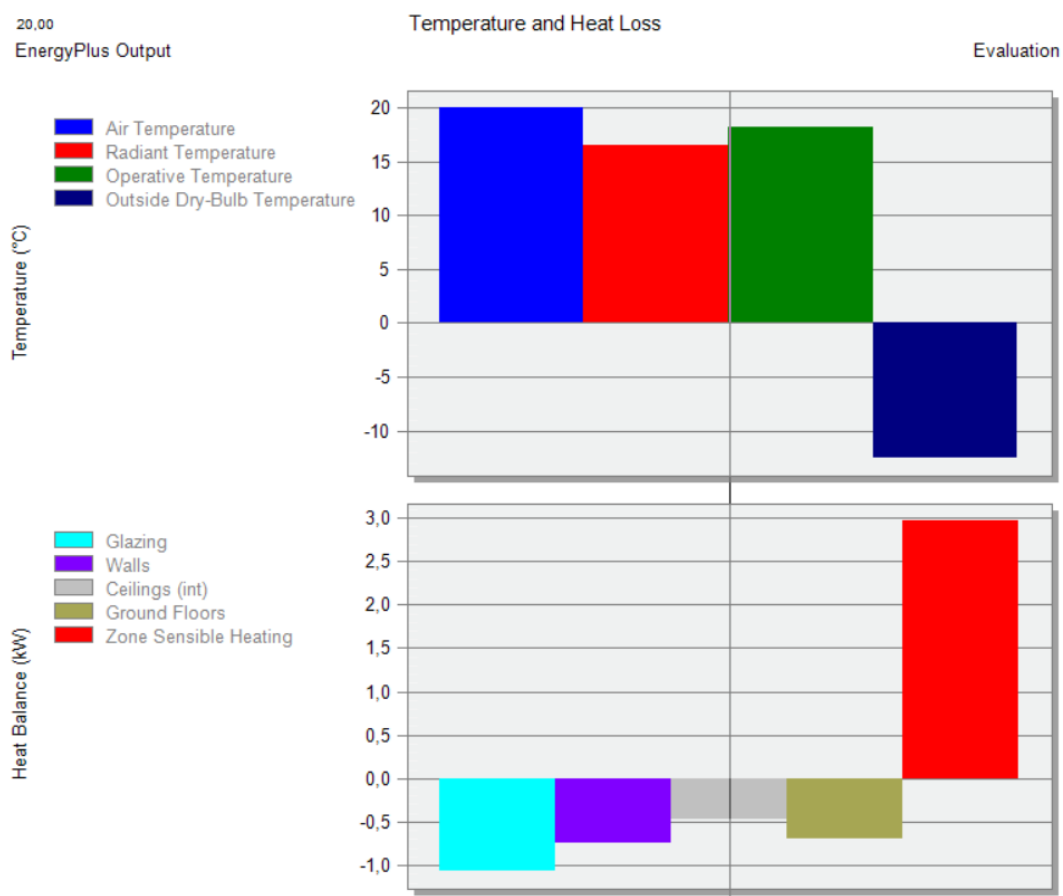
<sup>29</sup> DesignBuilder [online]. Praha: DEK, 2017 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://designbuilder.cz/designbuilder/simulace-22>



V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé teploty vzduchu a dílčí tepelné ztráty objektu.

**Tabulka 121** Teploty a tepelné ztráty objektu prostupem a větráním

EnergyPlus Output	Temperature and Heat Loss	Evaluation
Air Temperature (°C)	20,00	
Radiant Temperature (°C)	16,49	
Operative Temperature (°C)	18,24	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-12,50	
Glazing (kW)	-1,06	
Walls (kW)	-0,74	
Ceilings (int) (kW)	-0,47	
Ground Floors (kW)	-0,70	
Zone Sensible Heating (kW)	2,97	



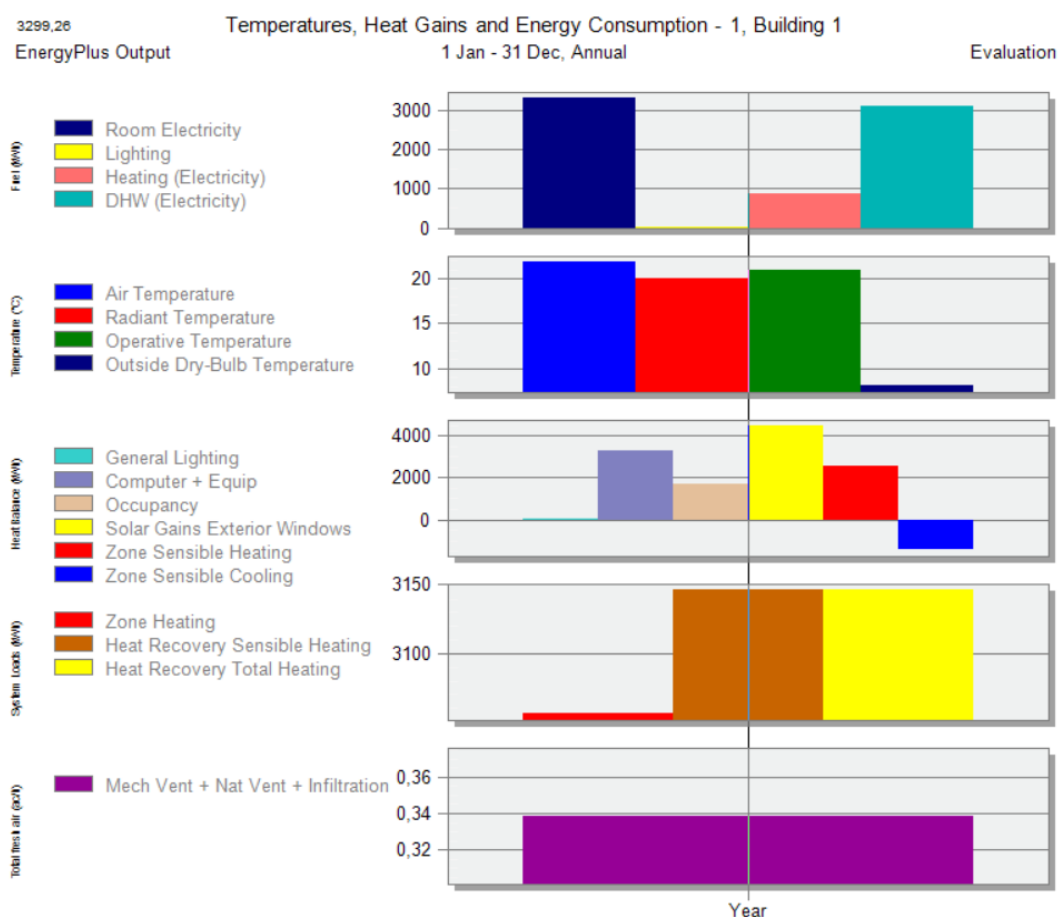
**Graf 28** Teploty a tepelné ztráty objektu

Tepelná ztráta objektu činí 2,97 kW. Tepelné ztráty prostupem tvoří 64 % z celkových tepelných ztrát, tepelná ztráta nuceným větráním pak 36 %.

V následující tabulce jsou uvedeny roční bilance spotřeby energií a roční průměrné teploty v interiéru a exteriéru.

**Tabulka 122** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1		
EnergyPlus Output	1 Jan - 31 Dec, Annual	Evaluation
	Year	
Room Electricity (kWh)	3299,26	
Lighting (kWh)	6,64	
Heating (Electricity) (kWh)	873,19	
DHW (Electricity) (kWh)	3098,45	
Air Temperature (°C)	21,87	
Radiant Temperature (°C)	20,01	
Operative Temperature (°C)	20,94	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	8,09	
General Lighting (kWh)	6,64	
Computer + Equip (kWh)	3299,26	
Occupancy (kWh)	1683,02	
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	4475,28	
Zone Sensible Heating (kWh)	2523,08	
Zone Sensible Cooling (kWh)	-1422,48	
Zone Heating (kWh)	3056,17	
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	3146,74	
Heat Recovery Total Heating (kWh)	3146,74	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,34	



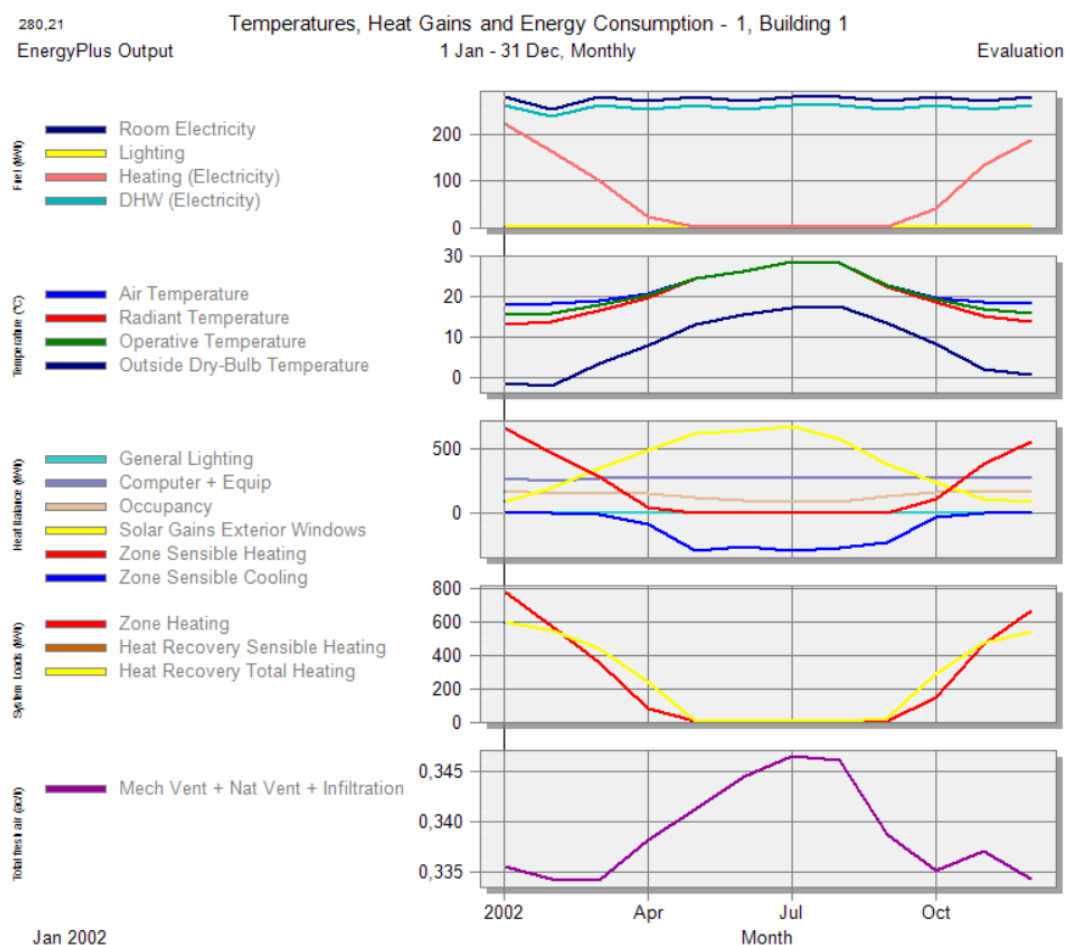
**Graf 29** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Při zadaných okrajových podmínkách je spotřeba elektrické energie na vytápění 873 kWh, na přípravu teplé vody 3 098 kWh a na osvětlení 7 kWh.

V následující tabulce jsou uvedeny bilance spotřeby energií a průměrné teploty v interiéru a exteriéru v jednotlivých měsících.

**Tabulka 123** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

EnergyPlus Output	1 Jan - 31 Dec, Monthly												Evaluation
Month													
Room Electricity (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	
Lighting (kWh)	0,89	0,64	0,56	0,42	0,31	0,27	0,30	0,38	0,49	0,67	0,82	0,91	
Heating (Electricity) (kWh)	222,74	163,78	101,10	21,81	0,07	0,02	0,00	0,00	0,09	41,39	133,54	188,66	
DHW (Electricity) (kWh)	263,16	237,69	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16	
Air Temperature (°C)	18,00	18,18	19,05	20,54	24,34	26,20	28,45	28,05	22,67	19,76	18,67	18,22	
Radiant Temperature (°C)	12,91	13,71	16,58	19,72	24,33	26,19	28,55	28,05	22,43	18,45	16,10	13,62	
Operative Temperature (°C)	15,46	15,94	17,82	20,13	24,34	26,19	28,50	28,05	22,55	19,10	16,88	15,92	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-1,50	-2,07	3,54	7,94	13,02	15,63	17,32	17,62	13,33	8,38	2,23	0,83	
General Lighting (kWh)	0,89	0,64	0,56	0,42	0,31	0,27	0,30	0,38	0,49	0,67	0,82	0,91	
Computer + Equip (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	
Occupancy (kWh)	172,50	155,02	166,75	151,32	124,63	104,56	85,99	90,09	135,06	162,16	163,53	171,42	
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	95,98	198,67	346,32	492,82	621,01	639,91	676,61	578,94	380,63	238,48	115,64	90,26	
Zone Sensible Heating (kWh)	662,37	474,36	282,25	53,32	0,27	0,33	0,31	0,26	0,12	112,68	380,97	555,85	
Zone Sensible Cooling (kWh)	-0,01	-0,01	-3,49	-82,69	-284,58	-257,49	-288,31	-261,08	-218,87	-25,68	-0,27	-0,01	
Zone Heating (kWh)	779,60	573,22	353,84	76,35	0,23	0,05	0,00	0,00	0,32	144,88	467,37	660,30	
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	600,48	549,68	436,59	237,73	5,16	1,47	0,31	0,18	22,45	286,43	471,29	534,97	
Heat Recovery Total Heating (kWh)	600,48	549,68	436,59	237,73	5,16	1,47	0,31	0,18	22,45	286,43	471,29	534,97	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,34	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	



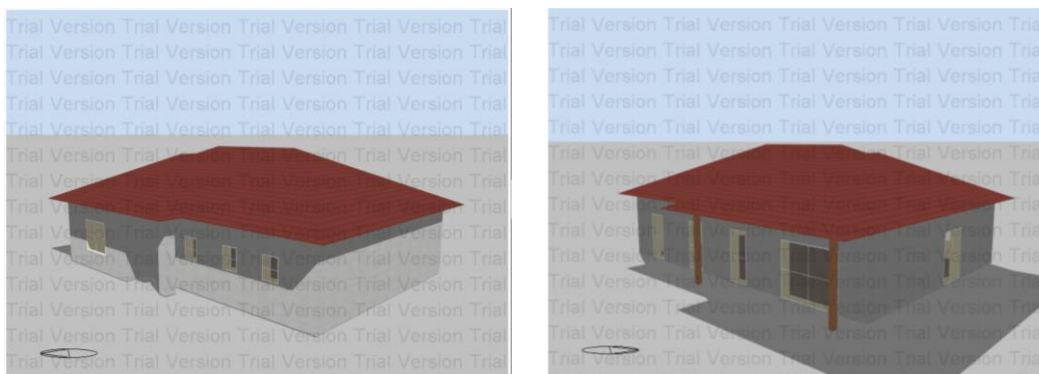
**Graf 30** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

## C.2 Varianty řešení výstavby RD

Varianty řešení výstavby a vyčíslení jejich vlivu na energetickou náročnost budovy vychází z energeticky výpočetního modelu v části C. 1.

### C.2.1 Orientace objektu ke světovým stranám

Stavební pozemek investora umožňuje alternativu orientace ke světovým stranám - azimut SV - 45 °.

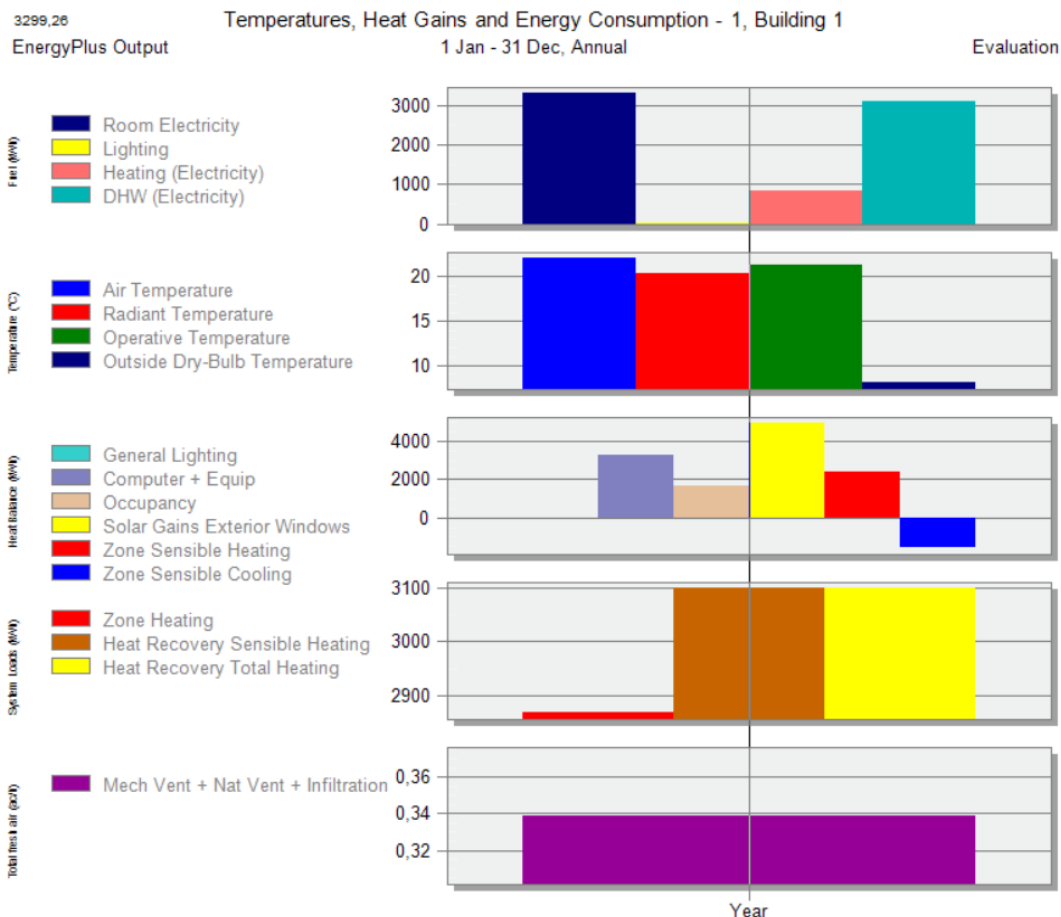


**Obrázek 28** Vizualizace pomocí počítačového programu DesignBuilder - azimut SV - 45 °

V následující tabulce jsou uvedeny roční bilance spotřeby energií a roční průměrné teploty v interiéru a exteriéru.

**Tabulka 124** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1		
EnergyPlus Output		Evaluation
	1 Jan - 31 Dec, Annual	Year
Room Electricity (kWh)		3299,26
Lighting (kWh)		6,62
Heating (Electricity) (kWh)		819,57
DHW (Electricity) (kWh)		3098,45
Air Temperature (°C)		22,13
Radiant Temperature (°C)		20,41
Operative Temperature (°C)		21,27
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)		8,09
General Lighting (kWh)		6,62
Computer + Equip (kWh)		3299,26
Occupancy (kWh)		1659,42
Solar Gains Exterior Windows (kWh)		4946,76
Zone Sensible Heating (kWh)		2365,62
Zone Sensible Cooling (kWh)		-1561,33
Zone Heating (kWh)		2868,49
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)		3099,39
Heat Recovery Total Heating (kWh)		3099,39
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)		0,34



Graf 31 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Při zadaných okrajových podmínkách je spotřeba elektrické energie na vytápění 820 kWh, na přípravu teplé vody 3 098 kWh a na osvětlení 7 kWh.

V následující tabulce jsou uvedeny bilance spotřeby energií a průměrné teploty v interiéru a exteriéru v jednotlivých měsících.

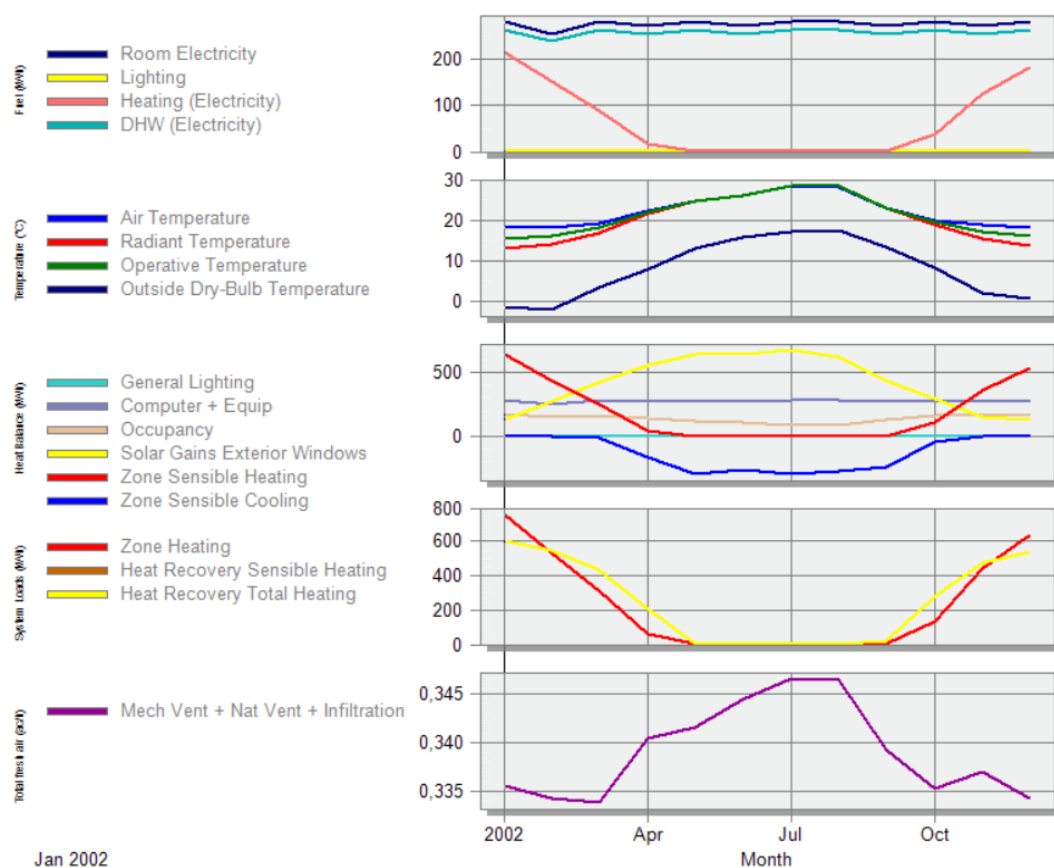
Tabulka 125 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1  
1 Jan - 31 Dec, Monthly

EnergyPlus Output

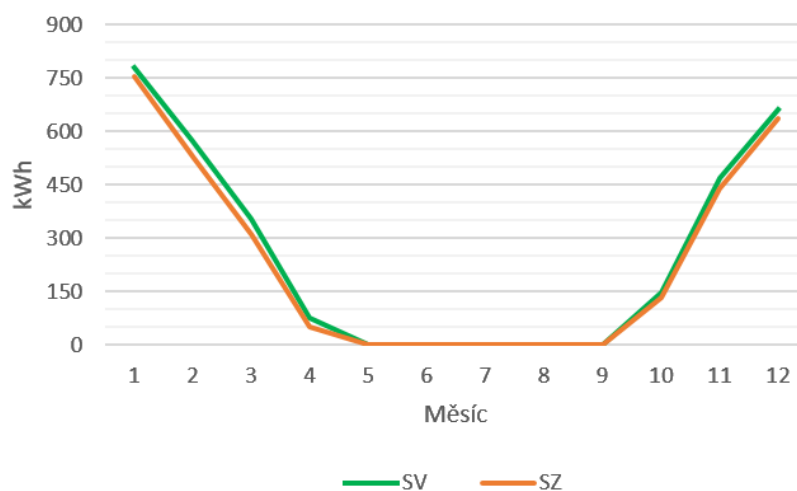
Evaluation

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21
Lighting (kWh)	0,88	0,63	0,56	0,42	0,32	0,27	0,30	0,38	0,49	0,66	0,81	0,90
Heating (Electricity) (kWh)	215,96	151,66	89,35	17,10	0,05	0,01	0,00	0,00	0,08	37,94	125,74	181,67
DHW (Electricity) (kWh)	263,16	237,69	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16
Air Temperature (°C)	18,03	18,28	19,14	22,28	24,59	26,20	28,40	28,30	23,12	19,92	18,73	18,25
Radiant Temperature (°C)	13,06	14,18	16,96	21,65	24,61	26,19	28,49	28,33	22,94	18,89	15,33	13,79
Operative Temperature (°C)	15,54	16,23	18,05	21,96	24,60	26,19	28,45	28,32	23,03	19,41	17,03	16,02
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-1,50	-2,07	3,54	7,94	13,02	15,63	17,32	17,62	13,33	8,38	2,23	0,83
General Lighting (kWh)	0,88	0,63	0,56	0,42	0,32	0,27	0,30	0,38	0,49	0,66	0,81	0,90
Computer + Equip (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21
Occupancy (kWh)	172,37	154,54	166,18	138,64	122,47	104,50	86,48	87,50	131,26	161,06	163,17	171,25
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	128,68	266,39	424,27	550,91	637,81	639,09	673,71	619,79	433,04	290,95	156,86	125,26
Zone Sensible Heating (kWh)	639,87	434,59	247,46	45,77	0,26	0,32	0,30	0,25	0,09	107,03	356,92	532,76
Zone Sensible Cooling (kWh)	-0,01	-0,01	-13,29	-161,58	-293,41	-258,10	-287,66	-270,14	-234,18	-40,53	-2,43	-0,01
Zone Heating (kWh)	755,86	530,81	312,71	59,85	0,19	0,05	0,00	0,00	0,27	132,80	440,10	635,84
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	600,54	549,75	430,24	210,17	4,34	1,45	0,30	0,14	21,19	276,05	470,18	535,03
Heat Recovery Total Heating (kWh)	600,54	549,75	430,24	210,17	4,34	1,45	0,30	0,14	21,19	276,05	470,18	535,03
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (m³/h)	0,34	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33



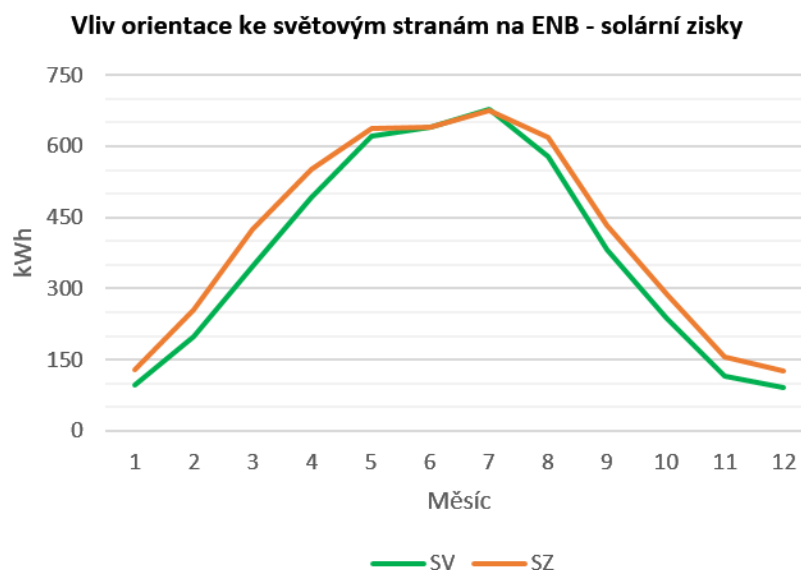
Graf 32 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

### Vliv orientace ke světovým stranám na ENB - spotřeba energie na vytápění



Graf 33 Vliv orientace ke světovým stranám na ENB - spotřeba energie na vytápění





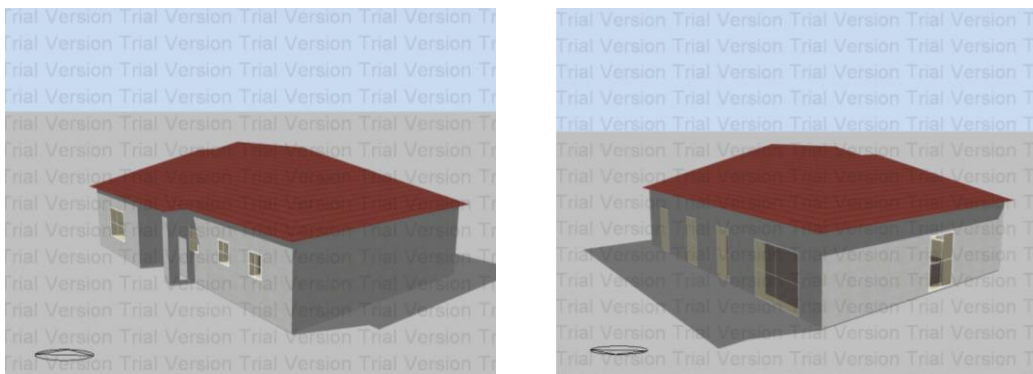
**Graf 34** Vliv orientace ke světovým stranám na ENB - solární zisky

Změnou azimutu orientace budovy z 315° na 45° dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o 196 kWh a ke zvýšení solárních zisků o 460 kWh.

### C.2.2 Stínění

Odstranění stínění vnějšími pevnými překážkami - původní zastřešená terasa na severovýchodní straně byla odstraněna a byl snížen přesah střechy z 0,5 m na 0,3 m.

Na obr. 29 je znázorněn nový energeticky výpočtový model.

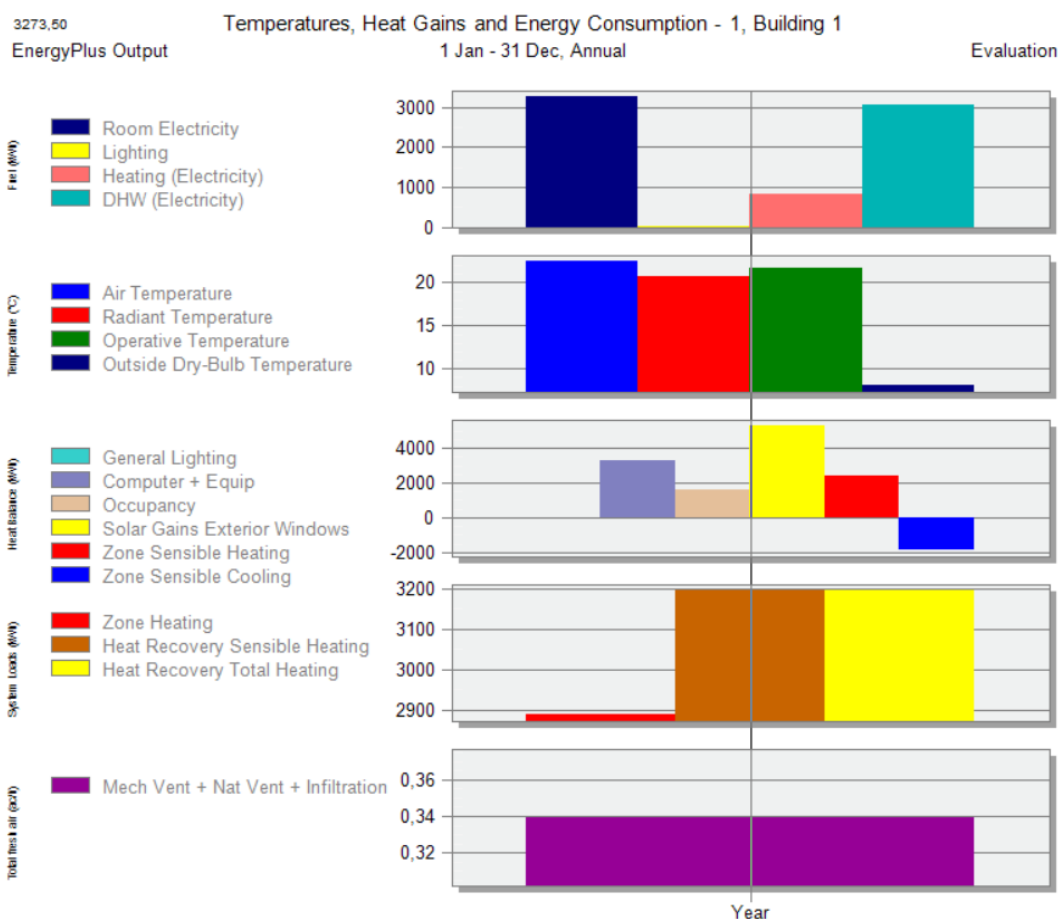


**Obrázek 29** Vizualizace pomocí počítačového programu DesignBuilder - odstranění přesahu střechy

V následující tabulce jsou uvedeny roční bilance spotřeby energií a roční průměrné teploty v interiéru a exteriéru.

**Tabulka 126** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

EnergyPlus Output	Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1	1 Jan - 31 Dec, Annual	Year	Evaluation
Room Electricity (kWh)			3273,50	
Lighting (kWh)			6,14	
Heating (Electricity) (kWh)			825,29	
DHW (Electricity) (kWh)			3074,26	
Air Temperature (°C)			22,51	
Radiant Temperature (°C)			20,79	
Operative Temperature (°C)			21,65	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)			8,09	
General Lighting (kWh)			6,14	
Computer + Equip (kWh)			3273,50	
Occupancy (kWh)			1611,62	
Solar Gains Exterior Windows (kWh)			5300,27	
Zone Sensible Heating (kWh)			2371,69	
Zone Sensible Cooling (kWh)			-1855,46	
Zone Heating (kWh)			2888,50	
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)			3196,30	
Heat Recovery Total Heating (kWh)			3196,30	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)			0,34	



**Graf 35** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

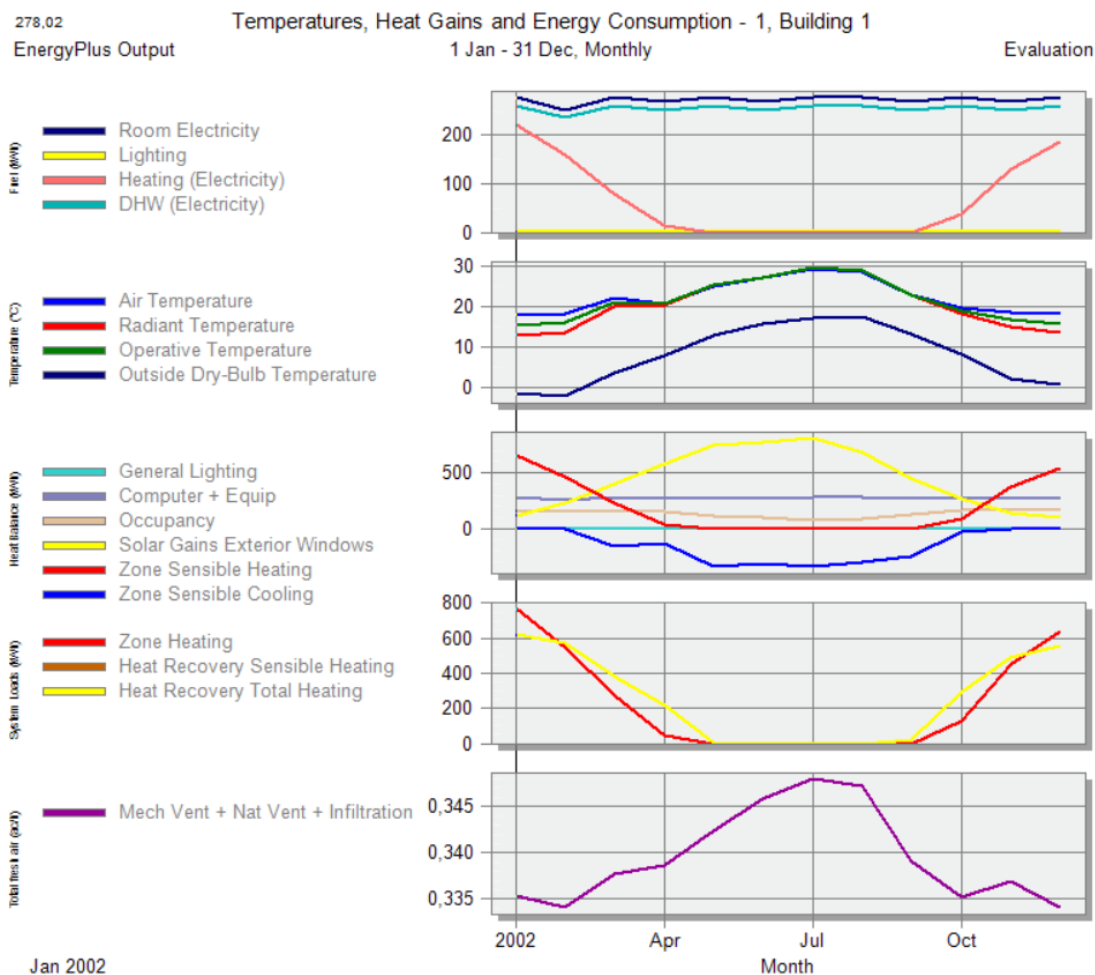
Při zadaných okrajových podmínkách je spotřeba elektrické energie na vytápění 825 kWh, na přípravu teplé vody 3 074 kWh a na osvětlení 6 kWh.



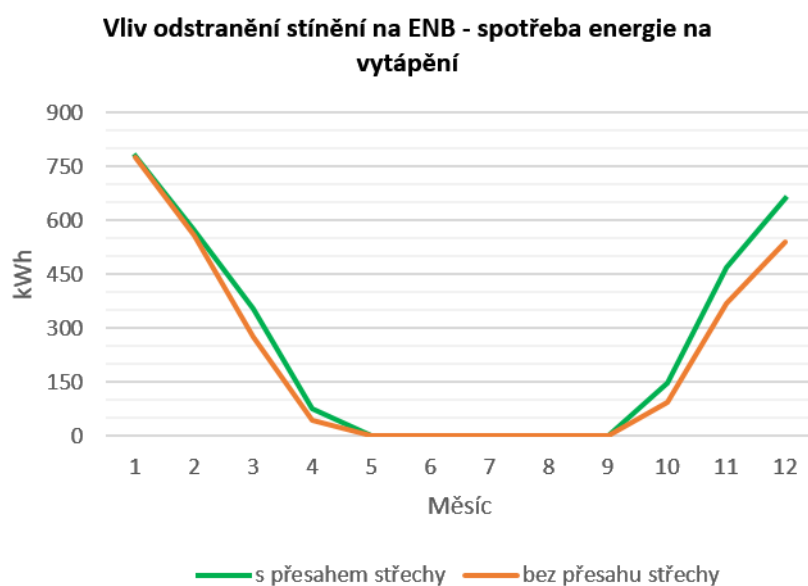
V následující tabulce jsou uvedeny bilance spotřeby energií a průměrné teploty v interiéru a exteriéru v jednotlivých měsících.

**Tabulka 127** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

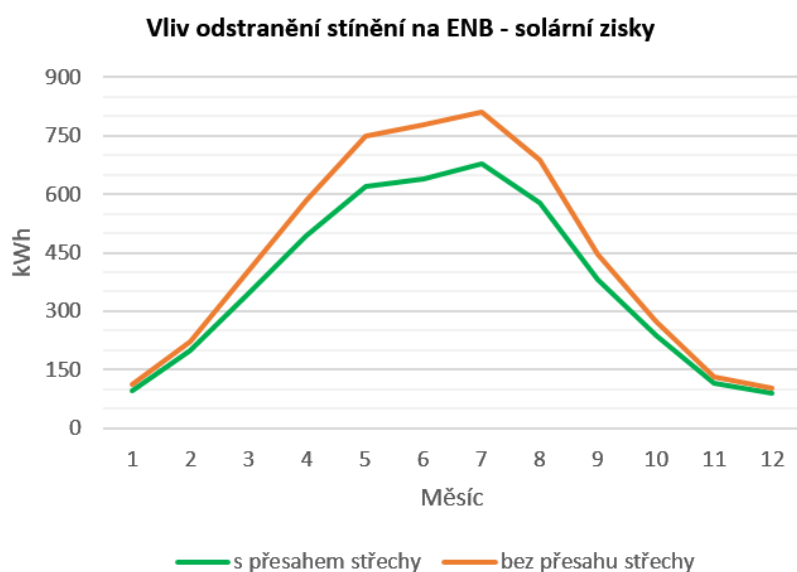
EnergyPlus Output	1 Jan - 31 Dec, Monthly												Evaluation
Month													
Room Electricity (kWh)	278,02	251,12	278,02	269,05	278,02	269,05	278,02	278,02	269,05	278,02	269,05	278,02	
Lighting (kWh)	0,83	0,60	0,52	0,39	0,28	0,23	0,26	0,34	0,45	0,62	0,76	0,85	
Heating (Electricity) (kWh)	222,12	159,40	78,90	12,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,01	130,37	185,22	
DHW (Electricity) (kWh)	261,10	235,83	261,10	252,68	261,10	252,68	261,10	261,10	252,68	261,10	252,68	261,10	
Air Temperature (°C)	18,03	18,20	22,27	20,97	25,18	27,21	29,45	28,78	22,97	19,77	18,65	18,21	
Radiant Temperature (°C)	13,04	13,81	20,19	20,43	25,36	27,39	29,74	28,94	22,85	18,48	15,03	13,60	
Operative Temperature (°C)	15,53	16,01	21,23	20,70	25,27	27,30	29,60	28,86	22,91	19,12	16,84	15,90	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-1,50	-2,07	3,54	7,94	13,02	15,63	17,32	17,62	13,33	8,38	2,23	0,83	
General Lighting (kWh)	0,83	0,60	0,52	0,39	0,28	0,23	0,26	0,34	0,45	0,62	0,76	0,85	
Computer + Equip (kWh)	278,02	251,12	278,02	269,05	278,02	269,05	278,02	278,02	269,05	278,02	269,05	278,02	
Occupancy (kWh)	171,05	153,69	148,74	146,95	115,90	94,13	74,61	81,78	131,52	160,81	162,33	170,11	
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	111,81	223,39	402,87	582,58	749,43	776,64	811,31	687,43	444,52	274,19	133,01	103,09	
Zone Sensible Heating (kWh)	655,62	457,18	225,98	30,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,21	369,37	540,27	
Zone Sensible Cooling (kWh)	0,00	0,00	-162,41	-134,43	-332,95	-306,71	-339,59	-301,31	-246,64	-31,13	-0,29	0,00	
Zone Heating (kWh)	777,42	557,90	276,15	42,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,52	456,30	648,28	
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	632,16	578,95	388,63	218,67	1,05	0,00	0,00	0,00	17,50	299,39	496,57	563,38	
Heat Recovery Total Heating (kWh)	632,16	578,95	388,63	218,67	1,05	0,00	0,00	0,00	17,50	299,39	496,57	563,38	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	



**Graf 36** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících



**Graf 37** Vliv odstranění stínění na ENB - spotřeba energie na vytápění



**Graf 38** Vliv odstranění stínění na ENB - solární zisky

Odstraněním stínění vnějšími pevnými překážkami (přesahem střechy) dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o 399 kWh a ke zvýšení solárních zisků o 824 kWh.

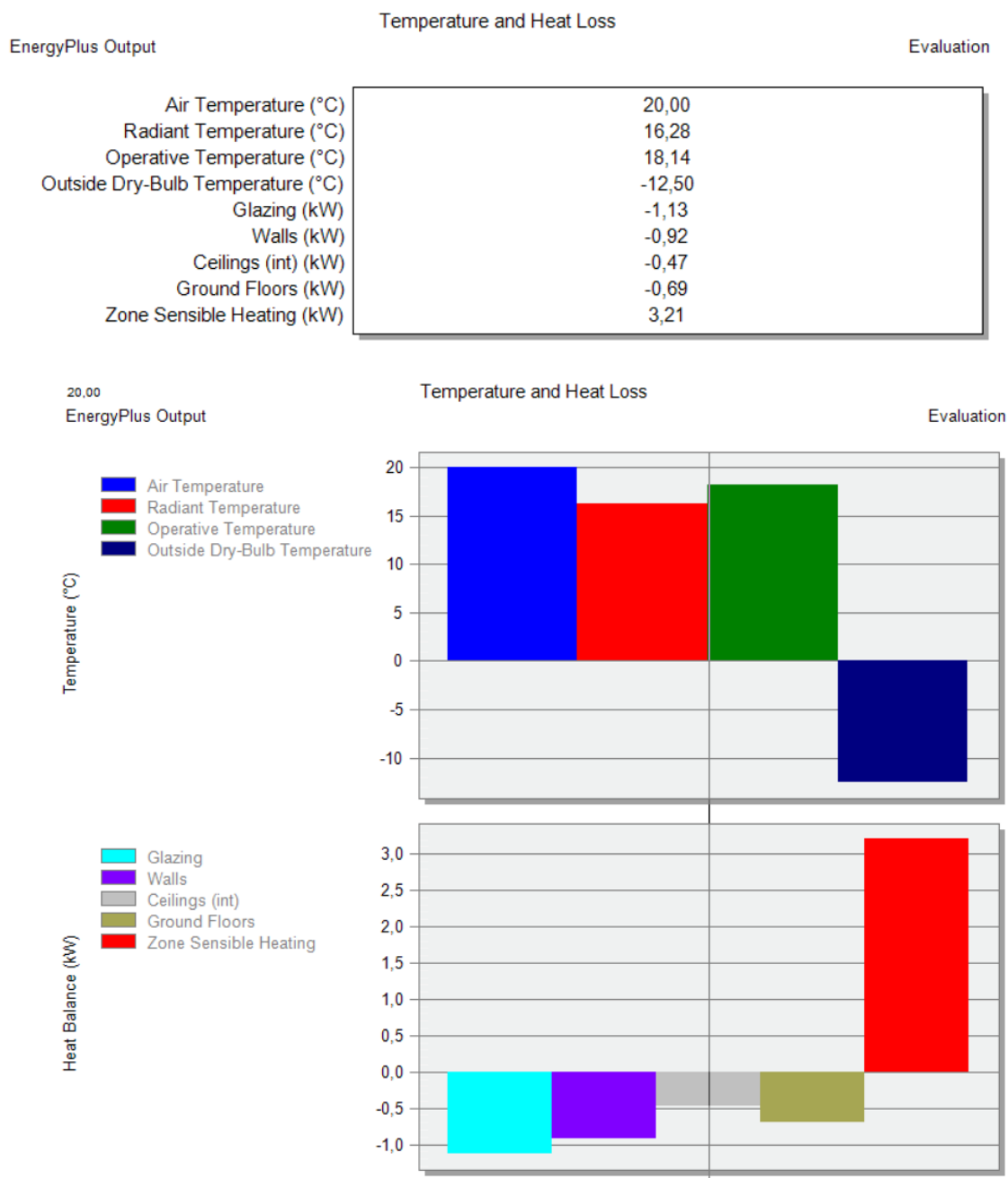
## C.2.3 Konstrukční systém

### C.2.3.1 Konstrukční skladba 0.2 - prefabrikovaný betonový panel + EPS 70F tl. 180 mm

Popis obvodové konstrukce viz konstrukční skladba 0.2.

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé teploty vzduchu a dílčí tepelné ztráty objektu.

**Tabulka 128** Teploty a tepelné ztráty objektu prostupem a větráním



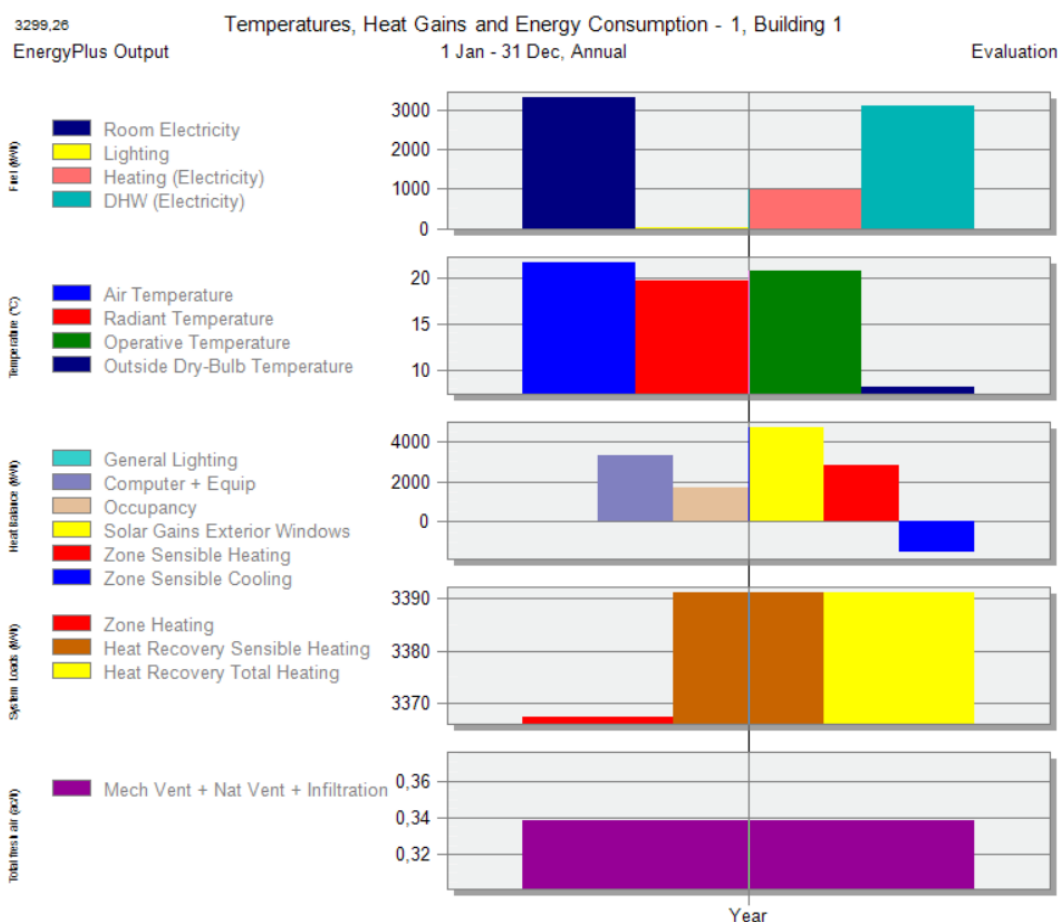
**Graf 39** Teploty a tepelné ztráty objekt

Tepelná ztráta objektu je 3,21 kW. Tepelné ztráty prostupem tvoří 65 % z celkových tepelných ztrát, tepelná ztráta nuceným větráním pak 35 %.

V následující tabulce jsou uvedeny roční bilance spotřeby energií a roční průměrné teploty v interiéru a exteriéru.

**Tabulka 129** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1		
EnergyPlus Output	1 Jan - 31 Dec, Annual	Evaluation
	Year	
Room Electricity (kWh)	3299,26	
Lighting (kWh)	6,50	
Heating (Electricity) (kWh)	962,07	
DHW (Electricity) (kWh)	3098,45	
Air Temperature (°C)	21,74	
Radiant Temperature (°C)	19,76	
Operative Temperature (°C)	20,75	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	8,09	
General Lighting (kWh)	6,50	
Computer + Equip (kWh)	3299,26	
Occupancy (kWh)	1696,20	
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	4677,58	
Zone Sensible Heating (kWh)	2802,58	
Zone Sensible Cooling (kWh)	-1493,29	
Zone Heating (kWh)	3367,25	
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	3391,19	
Heat Recovery Total Heating (kWh)	3391,19	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,34	



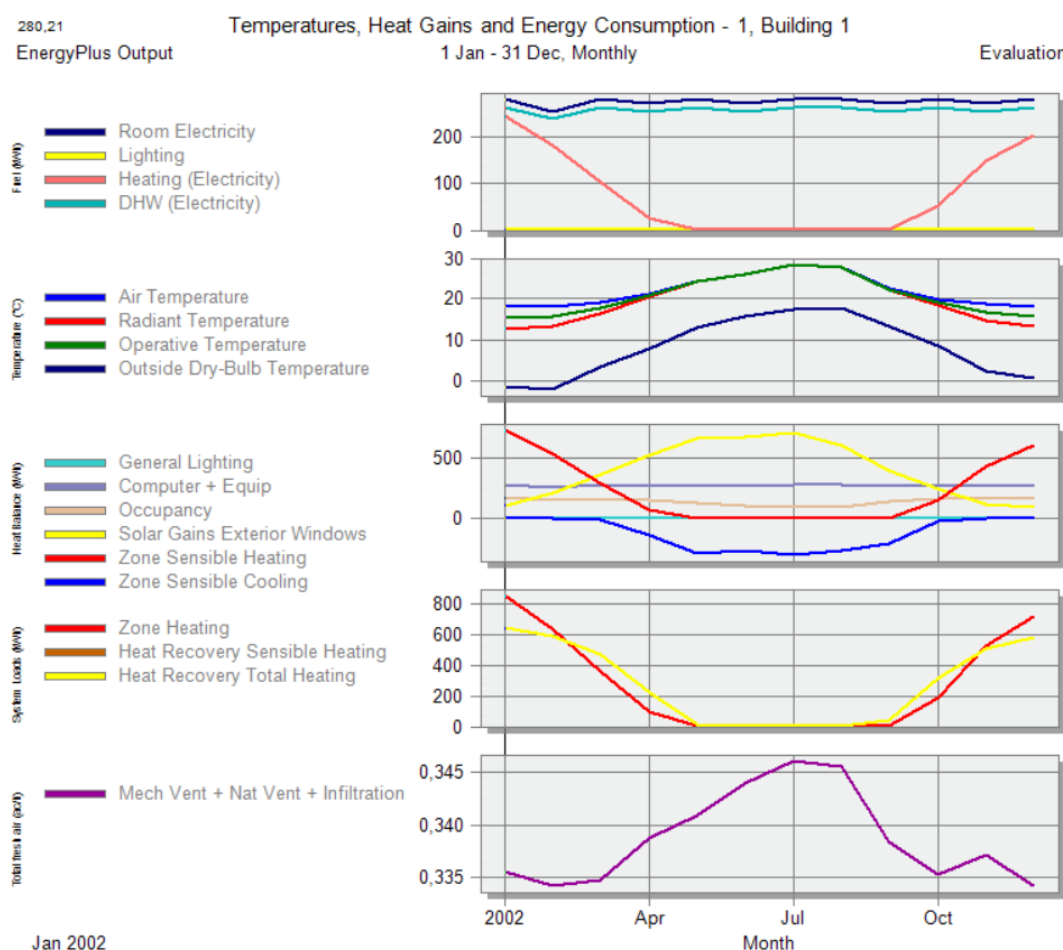
**Graf 40** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Při zadaných okrajových podmínkách je spotřeba elektrické energie na vytápění 962 kWh, na přípravu teplé vody 3 098 kWh a na osvětlení 7 kWh.

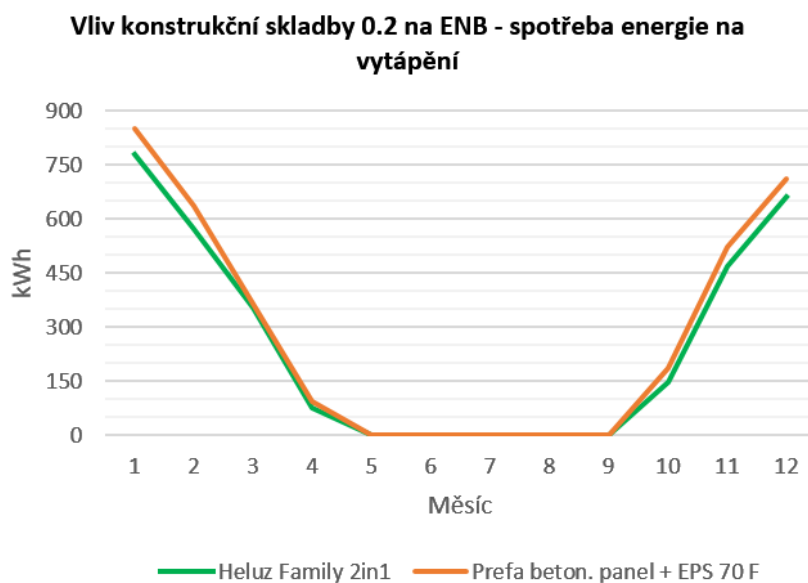
V následující tabulce jsou uvedeny bilance spotřeby energií a průměrné teploty v interiéru a exteriéru v jednotlivých měsících.

**Tabulka 130** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

EnergyPlus Output	1 Jan - 31 Dec, Monthly												Evaluation
Month													
Room Electricity (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	
Lighting (kWh)	0,87	0,63	0,55	0,41	0,31	0,26	0,29	0,37	0,48	0,65	0,80	0,89	
Heating (Electricity) (kWh)	243,24	181,43	104,01	26,38	0,34	0,09	0,00	0,00	0,30	53,40	149,41	203,47	
DHW (Electricity) (kWh)	263,16	237,69	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16	
Air Temperature (°C)	17,98	18,07	19,18	21,09	24,00	25,85	28,12	27,59	22,30	19,68	18,56	18,16	
Radiant Temperature (°C)	12,65	13,28	16,27	20,40	24,00	25,86	28,26	27,60	22,02	18,25	14,65	13,33	
Operative Temperature (°C)	15,31	15,68	17,72	20,75	24,00	25,85	28,19	27,59	22,16	18,97	16,61	15,74	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-1,50	-2,07	3,54	7,94	13,02	15,63	17,32	17,62	13,33	8,38	2,23	0,83	
General Lighting (kWh)	0,87	0,63	0,55	0,41	0,31	0,26	0,29	0,37	0,48	0,65	0,80	0,89	
Computer + Equip (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	
Occupancy (kWh)	172,61	155,48	165,93	147,21	127,20	107,50	89,14	94,64	137,99	162,69	164,10	171,71	
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	99,48	204,36	360,33	515,14	653,12	673,45	710,37	605,73	396,50	246,56	119,60	92,96	
Zone Sensible Heating (kWh)	728,26	529,26	286,89	70,75	0,79	0,43	0,29	0,31	0,58	152,59	431,80	600,63	
Zone Sensible Cooling (kWh)	-0,00	-0,01	-15,76	-141,79	-283,55	-265,15	-298,95	-265,17	-205,70	-17,08	-0,11	-0,01	
Zone Heating (kWh)	851,34	635,02	364,03	92,32	1,19	0,31	0,00	0,00	1,05	186,89	522,95	712,15	
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	647,27	592,41	469,28	219,05	16,60	1,76	0,58	0,48	42,72	316,40	508,08	576,55	
Heat Recovery Total Heating (kWh)	647,27	592,41	469,28	219,05	16,60	1,76	0,58	0,48	42,72	316,40	508,08	576,55	
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)	0,34	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	



**Graf 41** Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících



**Graf 42** Vliv konstrukční skladby 0.2 na ENB – spotřeba energie na vytápění

Realizací objektu z konstrukční skladby 0.2 dojde ke zvýšení spotřeby energie na vytápění o 311 kWh.

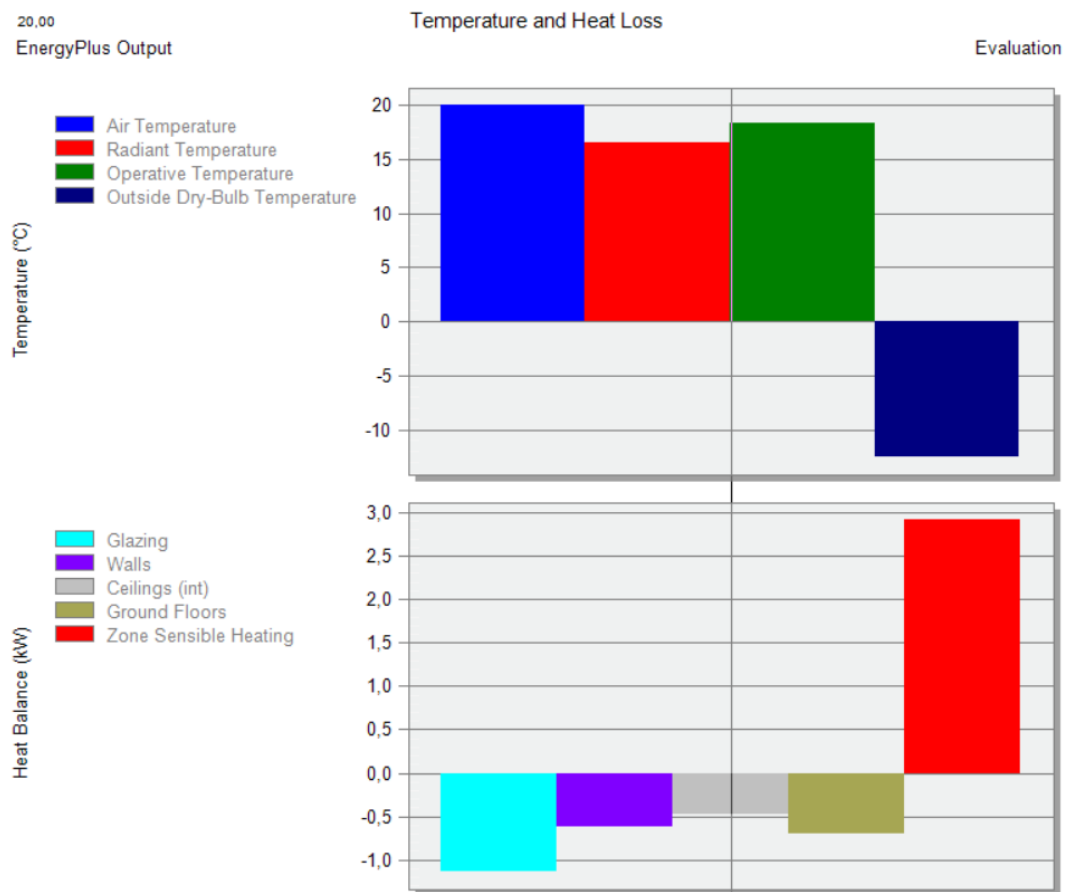
### C.2.3.2 Konstrukční skladba 0.3 - lehká dřevostavba

Popis obvodové konstrukce viz konstrukční skladba 0.3.

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé teploty vzduchu a dílčí tepelné ztráty objektu.

**Tabulka 131** Teploty a tepelné ztráty objektu prostupem a větráním

EnergyPlus Output	Temperature and Heat Loss	Evaluation
Air Temperature (°C)	20,00	
Radiant Temperature (°C)	16,55	
Operative Temperature (°C)	18,27	
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-12,50	
Glazing (kW)	-1,13	
Walls (kW)	-0,61	
Ceilings (int) (kW)	-0,48	
Ground Floors (kW)	-0,70	
Zone Sensible Heating (kW)	2,92	



Graf 43 Teploty a tepelné ztráty objekt

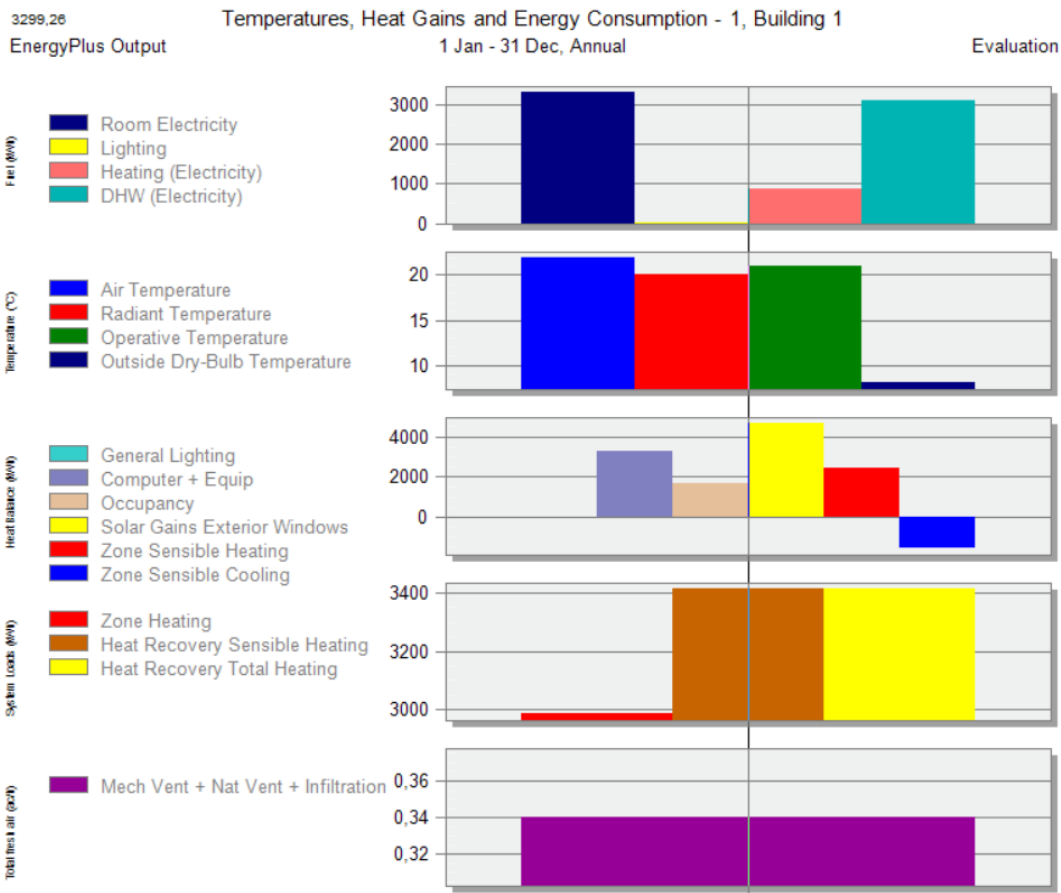
Tepelná ztráta objektu je 2,92 kW. Tepelné ztráty prostupem tvoří 61 % z celkových tepelných ztrát, tepelná ztráta nuceným větráním pak 39 %.

V následující tabulce jsou uvedeny roční bilance spotřeby energií a roční průměrné teploty v interiéru a exteriéru.

Tabulka 132 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1	
EnergyPlus Output	1 Jan - 31 Dec, Annual
	Year
Room Electricity (kWh)	3299,26
Lighting (kWh)	6,67
Heating (Electricity) (kWh)	853,38
DHW (Electricity) (kWh)	3098,45
Air Temperature (°C)	21,94
Radiant Temperature (°C)	20,14
Operative Temperature (°C)	21,04
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	8,09
General Lighting (kWh)	6,67
Computer + Equip (kWh)	3299,26
Occupancy (kWh)	1673,92
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	4677,58
Zone Sensible Heating (kWh)	2428,66
Zone Sensible Cooling (kWh)	-1556,49
Zone Heating (kWh)	2986,81
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	3413,38
Heat Recovery Total Heating (kWh)	3413,38
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,34





Graf 44 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok

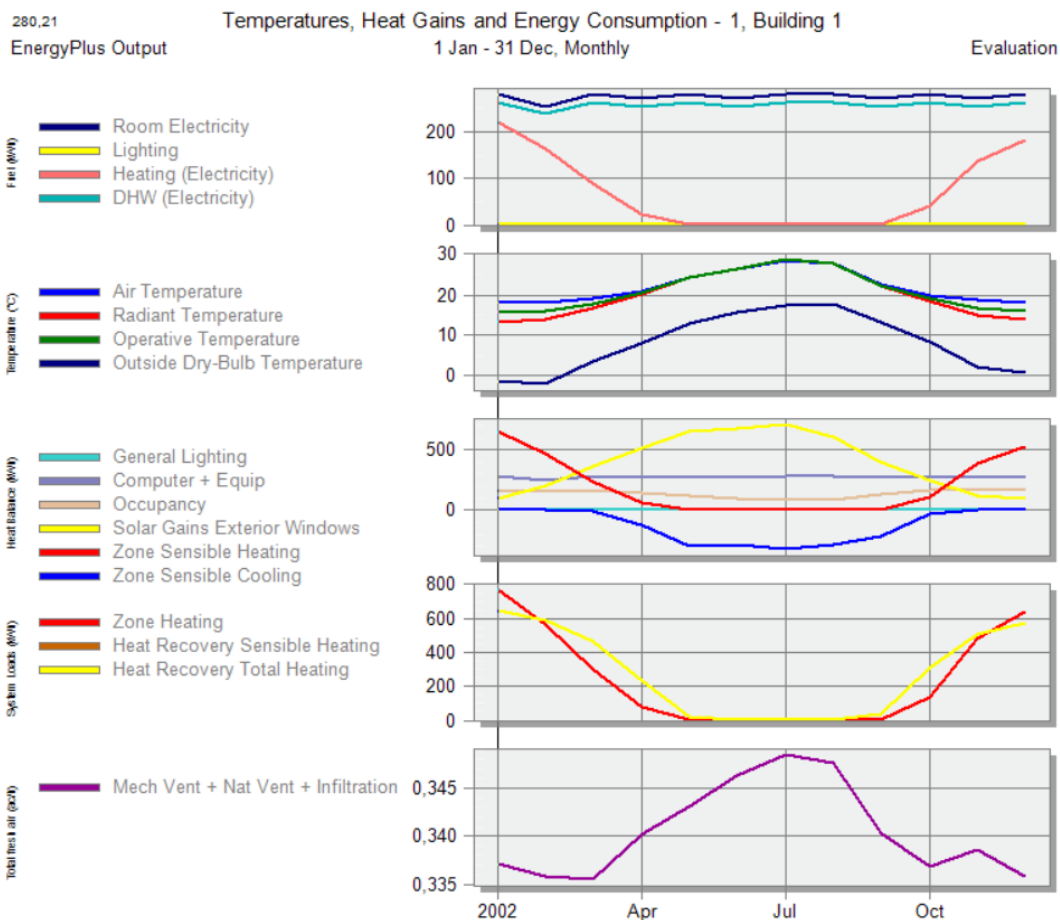
Při zadaných okrajových podmínkách je spotřeba elektrické energie na vytápění 853 kWh, na přípravu teplé vody 3 098 kWh a na osvětlení 7 kWh.

V následující tabulce jsou uvedeny bilance spotřeby energií a průměrné teploty v interiéru a exteriéru v jednotlivých měsících.

Tabulka 133 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

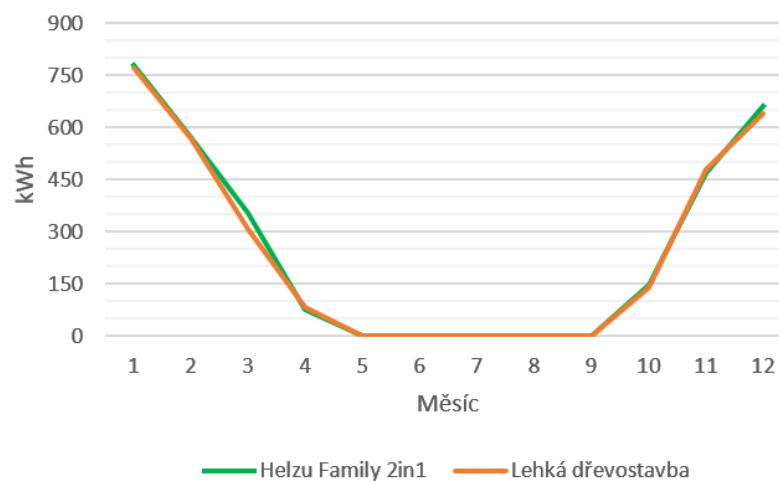
Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - 1, Building 1													Evaluation	
1 Jan - 31 Dec, Monthly														
EnergyPlus Output	Month													
Room Electricity (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21		
Lighting (kWh)	0,89	0,64	0,66	0,42	0,31	0,27	0,30	0,38	0,49	0,67	0,82	0,91		
Heating (Electricity) (kWh)	220,78	162,38	87,33	23,03	0,24	0,04	0,00	0,00	0,13	39,71	137,24	182,50		
DHW (Electricity) (kWh)	263,16	237,69	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16	263,16	254,67	263,16	254,67	263,16		
Air Temperature (°C)	18,08	18,21	19,11	20,85	24,42	26,40	28,69	27,93	22,55	19,71	18,65	18,28		
Radiant Temperature (°C)	13,17	13,83	16,71	20,12	24,48	26,49	28,90	27,99	22,32	18,35	15,03	13,78		
Operative Temperature (°C)	15,62	16,02	17,91	20,49	24,45	26,44	28,79	27,96	22,43	19,03	16,84	16,03		
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-1,50	-2,07	3,54	7,94	13,02	15,63	17,32	17,62	13,33	8,38	2,23	0,83		
General Lighting (kWh)	0,89	0,64	0,66	0,42	0,31	0,27	0,30	0,38	0,49	0,67	0,82	0,91		
Computer + Equip (kWh)	280,21	253,09	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21	280,21	271,17	280,21	271,17	280,21		
Occupancy (kWh)	172,09	154,85	166,33	148,87	122,98	101,98	82,91	90,83	135,92	162,49	163,61	171,09		
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	99,48	204,36	360,33	515,14	653,12	673,45	710,37	605,73	396,50	246,56	119,60	92,96		
Zone Sensible Heating (kWh)	649,03	462,89	234,37	58,03	0,33	0,20	0,16	0,24	0,09	105,52	389,04	528,66		
Zone Sensible Cooling (kWh)	-0,01	-0,01	-11,74	-120,62	-297,47	-284,70	-319,10	-278,20	-219,52	-24,87	-0,23	-0,01		
Zone Heating (kWh)	772,71	568,33	305,66	80,60	0,84	0,16	0,00	0,00	0,44	138,99	480,33	638,75		
Heat Recovery Sensible Heating (kWh)	649,85	594,89	467,81	237,39	19,11	2,23	0,91	0,82	38,41	312,71	510,22	579,02		
Heat Recovery Total Heating (kWh)	649,85	594,89	467,81	237,39	19,11	2,23	0,91	0,82	38,41	312,71	510,22	579,02		
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34		





Graf 45 Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících

#### Vliv konstrukční skladby 0.3 na ENB - spotřeba energie na vytápění



Graf 46 Vliv konstrukční skladby 0.3 na ENB - spotřeba energie na vytápění

Realizací objektu z konstrukční skladby 0.3 dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění o 68 kWh.

## C.2.4 Zhodnocení vlivu varianty řešení výstavby RD na ENB

V následující tabulce jsou uvedeny teploty, solární zisky a spotřeba energie na vytápění za rok u jednotlivých posuzovaných variant řešení výstavby RD.

**Tabulka 134** Teploty, solární zisky a spotřeba energie na vytápění za rok

Varianta řešení výstavby RD	Teploty, solární zisky a spotřeba energie na vytápění za rok				
	Teplota vzduchu	Střední radiační teplota	Operativní teplota	Solární zisky	Spotřeba energie na vytápění
	[°C]	[°C]	[°C]	[kWh]	[kWh]
Výchozí stav - Heluz 2in1	21,87	20,01	20,94	4 475	3 056
Orientace - azimut 45°	22,13	20,41	21,27	4 947	2 868
Stínění	22,51	20,79	21,65	5 300	2 889
Prefa beton. panel + EPS tl. 180 mm	21,74	19,76	20,75	4 678	3 367
Lehká dřevostavba	21,94	20,75	21,04	4 678	2 987

Vlivem orientace objektu s azimutem 45° dochází k zvýšení pasivních solárních zisků, protože stěna, kde se nachází největší podíl prosklených ploch, bude orientována na jihovýchod. Díky tomu klesá potřeba tepla na vytápění. Také ale roste potřeba tepla na chlazení v důsledku se zvyšující se teplotou vzduchu uvnitř objektu, střední radiační teplotou a operativní teplotou.

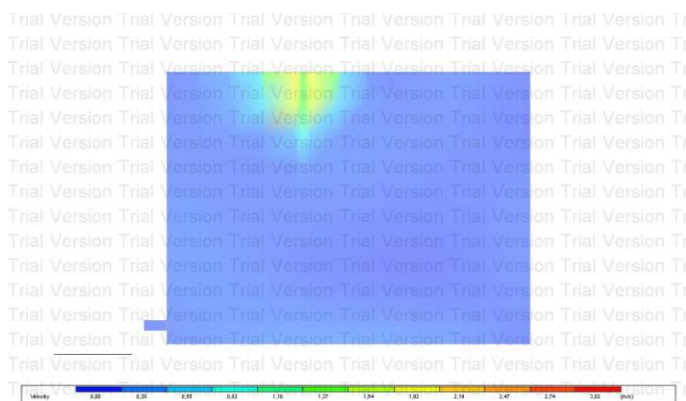
I odstranění přesahu střechy, kde se nacházejí prosklené plochy, má vliv na růst pasivních solárních zisků a nárůst teplot uvnitř objektu.

Prefabrikovaný betonový panel s tepelnou izolací má horší tepelně technické vlastnosti jako tvárnice Heluz 2in1. Betonová konstrukce, stejně jako cihelné tvárnice, patří k těžkým konstrukcím. Betonový panel vykazuje delší relaxační dobu a s tím spojené tepelně setrvačné vlastnosti. Během letních měsíců budou teploty uvnitř objektu nižší nežli u zděného objektu, avšak v zimních měsících bude spotřeba energií na vytápění vyšší.

Lehká dřevostavba má z konstrukčních systémů nejlepší tepelně technické vlastnosti, spotřeba energie na vytápění bude nejnižší. I přesto, že dřevostavby patří k lehkým konstrukcím, sádrovláknité desky umístěné z vnitřní strany konstrukce poskytnou lehkým stěnám vyplněným tepelným izolantem dostatečnou tepelnou akumulaci k tomu, aby tyto stěny vykazovaly dobrou setrvačnost vnitřní prostorové a povrchové teploty. Teplota vzduchu uvnitř objektu, střední radiační teplota a operativní teplota je srovnatelná se zděnou konstrukcí.



Na obr. 31 je znázorněno vektorové pole rychlostí proudění vzduchu v místnosti. Jednotlivé šipky znázorňují rychlost a směr proudícího vzduchu. Čím je šipka větší, tím je větší rychlost proudícího vzduchu, v této závislosti se mění i její barva. Rychlosti proudícího vzduchu lze odečíst na základě přiřazené barevné škály.

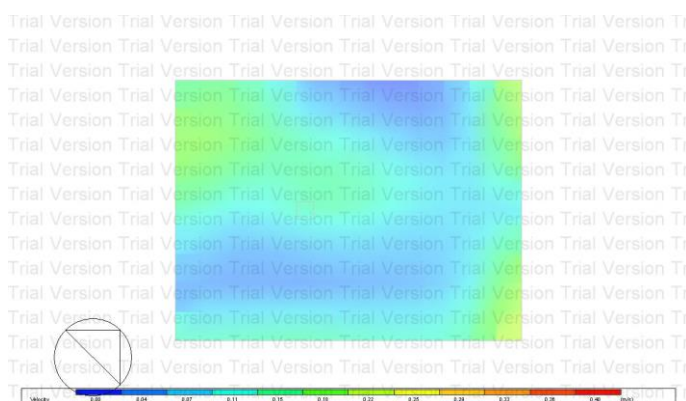


**Obrázek 32** Skalární rychlostní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě

Z výústky vystupuje vzduch o rychlosti 2,5 m/s, přibírá ostatní vzduch z místnosti a dochází k jejich směřování. Rychleji proudící vzduch vytváří pod stropní konstrukcí podtlak a ten drží proud vzduchu těsně pod stropem, vytváří tzv. Coandův efekt.

V okamžik, kdy proud vzduchu narazí na svislou stěnu, klesá směrem k podlaze. Vzduch v místnosti se víří a z velké části dochází k jeho cirkulaci. Ve skalárním poli je viditelné přisávání vzduchu vyústkou ze spodní části místnosti. Vzduch je zde přisáván rychlostí okolo 0,25 m/s.

V pobytové zóně se v řezu místnosti nenacházejí oblasti s výrazně rychlejším prouděním vzduchu.



**Obrázek 33** Skalární rychlostní pole v místnosti ve výšce  $h = 1,8$  m - otvor pro přívod vzduchu ve stropě

Na obr. 33 je zobrazen skalární profil rychlostí proudícího vzduchu ve výšce 1,8 m nad podlahou, což je horní okraj pobytové zóny. Rychlosti proudění vzduchu se zde pohybují do 0,2 m/s.

Nejvyšších rychlostí proudění vzduchu je dosaženo po obvodu místnosti, kde dochází ke klesání proudu vzduchu. Nejnižších rychlostí proudění vzduchu je dosaženo v prostoru ve středu místnosti.



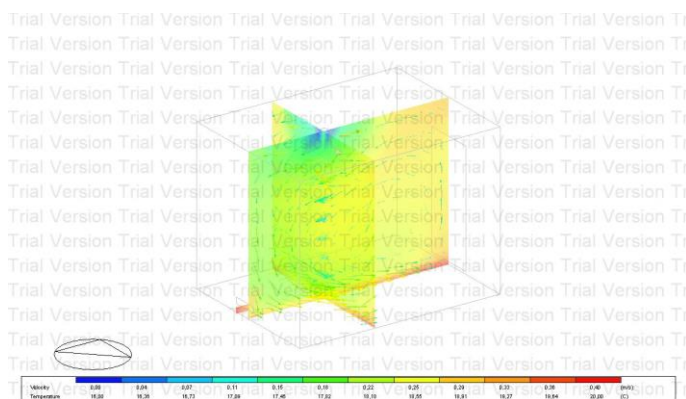
**Obrázek 34** Skalární teplotní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě

Z výústky vystupuje vzduch o teplotě 14,5 °C, ten se smísí se vzduchem z prostoru místnosti. Přiváděný čerstvý vzduch, díky svojí rychlosti, přisává teplejší vzduch z prostoru pod výústkou. Nejvyšší teplota vzduchu v místnosti je v těsné blízkosti podlahy, z důvodu použití podlahového vytápění.



**Obrázek 35** Skalární teplotní pole v místnosti ve výšce  $h = 1,8$  m - otvor pro přívod vzduchu ve stropě

Nejnižší teplota vzduchu v místnosti je v západním rohu místnosti, z důvodu nejvyšší rychlosti proudění.



**Obrázek 36** Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě

Tato koncepční varianta umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu je z hlediska rychlostních profilů vyhovující. Teplotní pole v pobytové zóně je rovnoměrné a pohybuje se v rozmezí 2 K.

## C.3.2 Umístění otvoru pro přívod vzduchu ve stěně

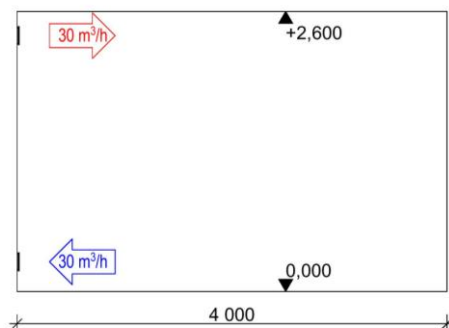
### C.3.2.1 Otvory pro přívod a odvod vzduchu z jedné strany

Otvor pro přívod čerstvého vzduchu byl umístěn ve stěně nad otvorem pro odvod vzduchu, k odvodu odpadního vzduchu bude sloužit větrací mřížka umístěná ve dveřích, proudění „shora dolů“.

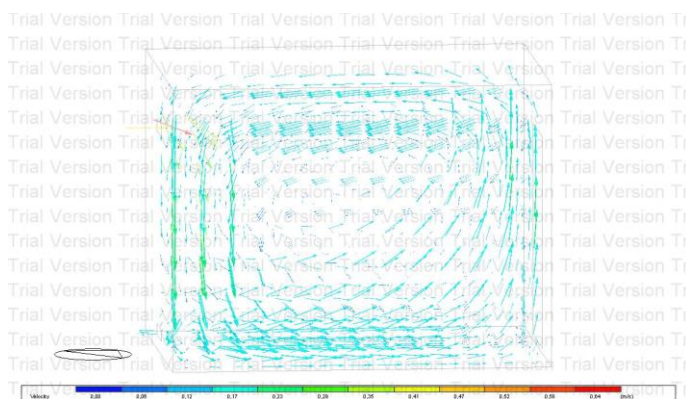
Stěnová vyústka je dimenzovaná na průtok vzduchu  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $8,33 \text{ l/s}$ ) a je umístěna  $150 \text{ mm}$  pod sádkartonový podhled ve stěně nade dveřmi, uvažovaný rozměr  $110 \times 55 \text{ mm}$ .

Zásadním parametrem pro vytvoření zjednodušeného modelu je úhel vystupujícího vzduchu z vyústky, ten byl zvolen  $60^\circ$ .

Mřížka pro přirozený odvod vzduchu, umístěná ve spodní části dveří, má uvažované rozměry  $110 \times 55 \text{ mm}$ .



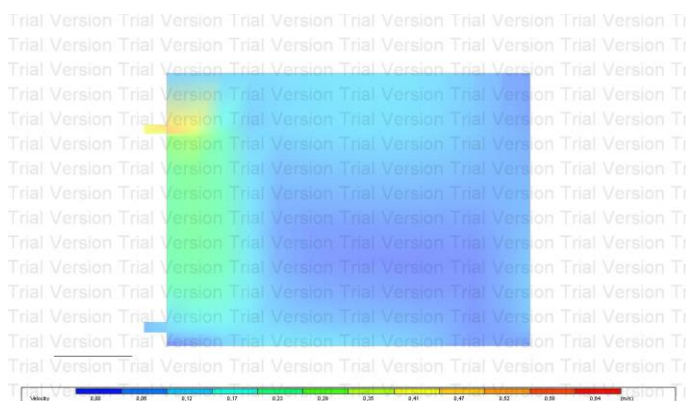
**Obrázek 37** Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - ve stěně z jedné strany



**Obrázek 38** Vektorové rychlostní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany

Na obr. 38 je znázorněno vektorové rychlostí pole, kde je patrné, že přiváděný chladnější vzduch klesá podél svislé stěny směrem dolů k podlaze, kde je díky podlahovému vytápění nejvyšší teplota v místnosti.

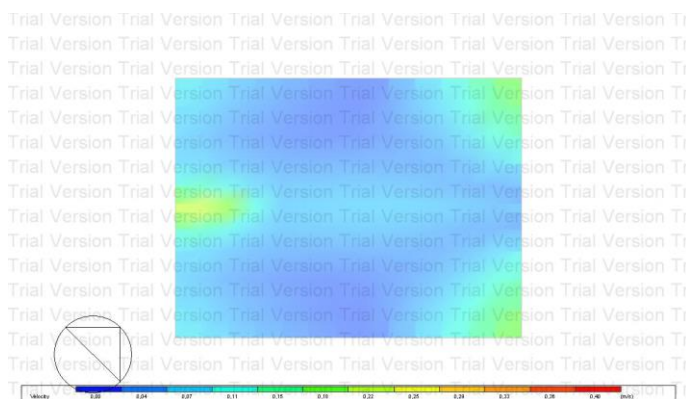
Od podlahy se dále šíří po celé místnosti a postupně ji celou zaplavuje, dochází k ohřevu vzduchu. Ohřátý vzduch stoupá směrem nahoru ke stropu, kde proudí zpět k přírodní vyústce. Malá část vzduchu se vrací zpět do přírodního vzduchu, většina vzduchu však klesá podél stěny a opouští místnost skrz dveřní mřížku.



**Obrázek 39** Skalární rychlostní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany

Ze stěnové vyústky vystupuje vzduch o rychlosti 0,55 m/s, u svislé stěny lze pozorovat, že energie klesajícího proudu je poměrně velká a projevuje se také v prostoru nad vstupními dveřmi do místnosti. Tuto oblast budeme tedy analyzovat, jestli zde nedochází k překročení požadované rychlosti proudu vzduchu.





**Obrázek 40** Skalární rychlostní pole v místnosti ve výšce  $h = 1,8$  m vzduchu - ve stěně z jedné strany

Největší rychlost proudění vzduchu v horním okraji pobytové zóny je  $0,32$  m/s, což přesahuje požadovanou rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně a nedoporučuje se trvalejší pobyt osob v jihozápadní části místnosti, resp. tam, kde je umístěna stěnová výústka.



**Obrázek 41** Skalární teplotní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany

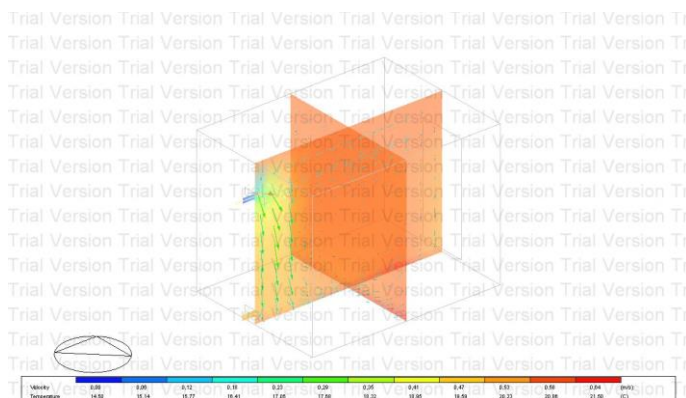
Teplota v místnosti odpovídá proudění vzduchu od přírodní výústky. Nejnižší teploty jsou na jihozápadní stěně, protože zde klesá proud chladného vzduchu z výústky.



**Obrázek 42** Skalární teplotní pole v místnosti ve výšce  $h = 1,8$  m vzduchu - ve stěně z jedné strany



Na rozdíl od vyústky umístěné ve stropě, se přiváděný vzduch ze stěnové vyústky tolik nepromíchává s teplejším vzduchem z místnosti. Výsledkem je nižší teplota proudu vzduchu, který vstupuje do pobytové oblasti. Díky tomu je vzduch místnosti u dveří chladnější, nežli je tomu na severovýchodní straně místnosti.



**Obrázek 43** Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany

Tato koncepční varianta umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu je z hlediska rychlostních profilů vyhovující, s výjimkou části místnosti u dveří, kde se nedoporučuje trvalejší pobyt osob v důsledku překročení optimální rychlosti proudění vzduchu v pobytové zóně. Teplotní pole v pobytové zóně je rovnoměrně rozložené a pohybuje se v rozmezí 2,5 K.

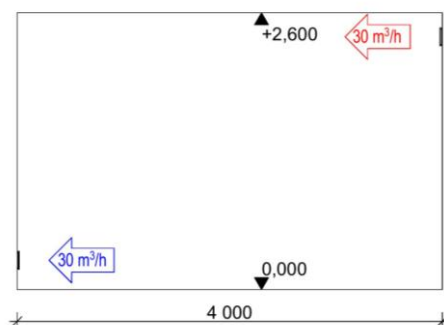
### C.3.2.2 Otvory pro přívod a odvod vzduchu naproti sobě

Otvor pro přívod čerstvého vzduchu byl umístěn ve stěně naproti otvoru pro odvod vzduchu, k odvodu odpadního vzduchu bude sloužit větrací mřížka umístěná ve dveřích, proudění „shora dolů“.

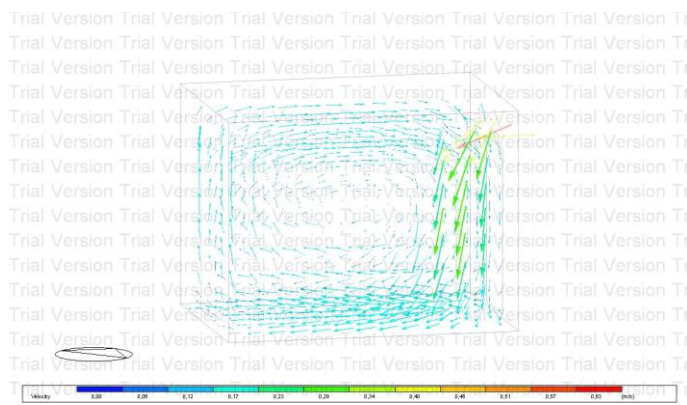
Stěnová vyústka je dimenzovaná na průtok vzduchu  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $8,33 \text{ l/s}$ ) a je umístěna 150 mm pod sádkartonový podhled ve stěně nad oknem, uvažovaný rozměr 110 x 55 mm.

Zásadním parametrem pro vytvoření zjednodušeného modelu je úhel vystupujícího vzduchu z vyústky, ten byl zvolen  $60^\circ$ .

Mřížka pro přirozený odvod vzduchu, umístěná ve spodní části dveří, má uvažované rozměry 110 x 55 mm.



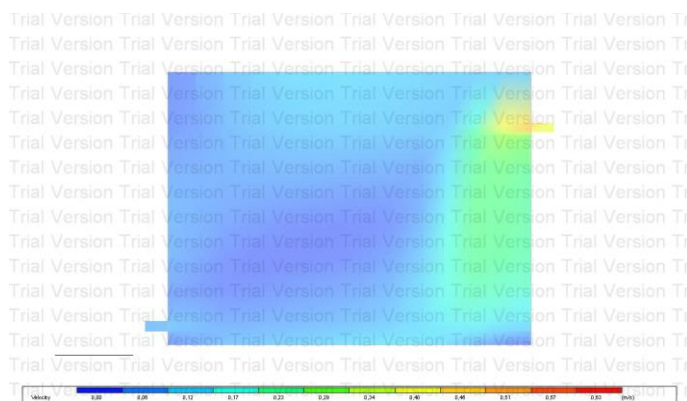
**Obrázek 44** Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - ve stěně naproti sobě



**Obrázek 45** Vektorové rychlostní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě

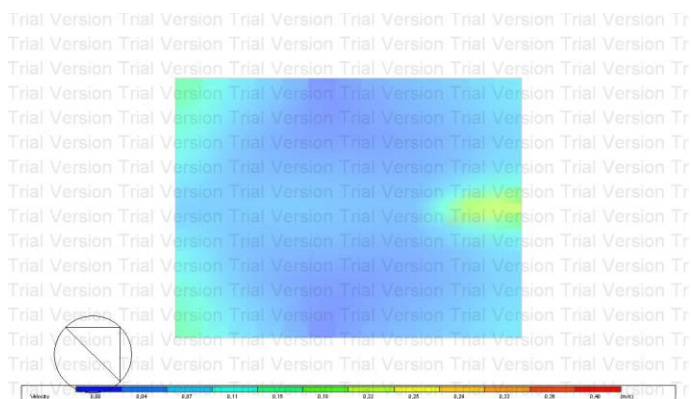
Přiváděný chladnější vzduch klesá podél severovýchodní stěny směrem dolů k podlaze, kde je díky podlahovému vytápění nejvyšší teplota v místnosti.

Od podlahy se dále šíří po celé místnosti a postupně ji celou zaplavuje, dochází k ohřevu vzduchu. Ohřátý vzduch stoupá směrem nahoru ke stropu, malá část vzduchu opouští místnost větrací mřížkou ve dveřích.



**Obrázek 46** Skalární rychlostní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě

Z výústky vystupuje vzduch o rychlosti 0,55 m/s, u severovýchodní stěny lze pozorovat, že energie klesajícího proudu je poměrně velká a projevuje se také v prostoru pobytové zóny místnosti. Tuto oblast budeme tedy analyzovat, jestli zde nedochází k překročení požadované rychlosti proudu vzduchu.



**Obrázek 47** Skalární rychlostní pole v místnosti ve výšce  $h = 1,8 \text{ m}$  - ve stěně naproti sobě

Největší rychlost proudění vzduchu v horním okraji pobytové zóny je  $0,25 \text{ m/s}$ , což nepřesahuje požadovanou rychlost v pobytové zóně.



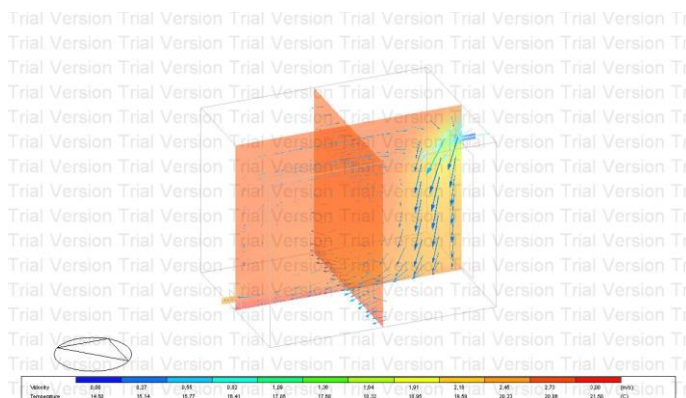
**Obrázek 48** Skalární teplotní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě

Teplota v místnosti odpovídá proudění vzduchu od přívodní výústky. Nejnižší teploty jsou podél severovýchodní stěny, protože zde klesá proud chladného vzduchu z výústky.



**Obrázek 49** Skalární teplotní pole v místnosti ve výšce  $h = 1,8 \text{ m}$  - ve stěně naproti sobě

Na rozdíl od vyústky umístěné ve stropě, se přiváděný vzduch ze stěnové vyústky tolik nepromíchává s teplejším vzduchem z místnosti. Výsledkem je nižší teplota proudu vzduchu, který vstupuje do pobytové oblasti. Díky tomu je vzduch místnosti na severovýchodní straně chladnější, nežli je tomu na druhé straně místnosti, kde dochází k odvodu ohřátého vzduchu.



**Obrázek 50** Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě

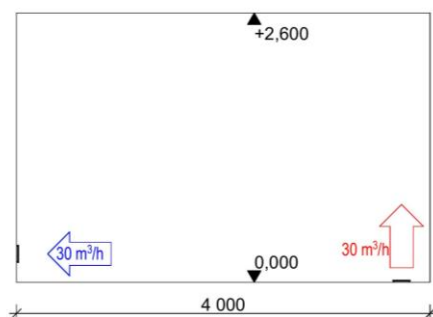
Tato koncepční varianta umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu je z hlediska rychlostních profilů vyhovující. Teplotní pole v pobytové zóně je rovnoměrné a pohybuje se v rozmezí 2,5 K.

### C.3.3 Umístění vyústky přívodního vzduchu v podlaze

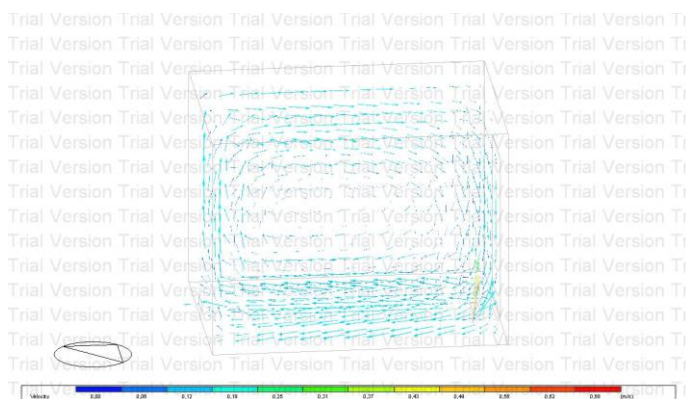
Otvor pro přívod čerstvého vzduchu byl umístěn v podlaze u okna, k odvodu odpadního vzduchu bude sloužit větrací mřížka umístěná ve dveřích, proudění „sdola dolů“.

Podlahová vyústka je dimenzovaná na průtok vzduchu  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $8,33 \text{ l/s}$ ) a je umístěna 150 mm pod sádkartonový podhled ve stěně nad oknem, uvažovaný rozměr 450 x 100 mm.

Mřížka pro přirozený odvod vzduchu, umístěná ve spodní části dveří, má uvažované rozměry 110 x 55 mm.



**Obrázek 51** Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - v podlaze



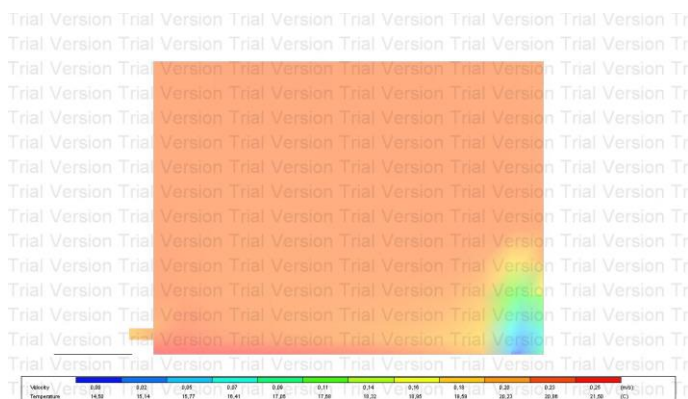
**Obrázek 52** Vektorové rychlostní pole v místnosti - v podlaze

Na obr. 52 je znázorněno vektorové pole rychlostí, kde je patrné, že přiváděný chladnější vzduch proudí podél podlahy, kde je díky podlahovému vytápění nejvyšší teplota v místnosti, dochází zde k jeho ohřevu. Ohřátý vzduch stoupá směrem nahoru ke stropu, malá část vzduchu opouští místnost větrací mřížkou ve dveřích.



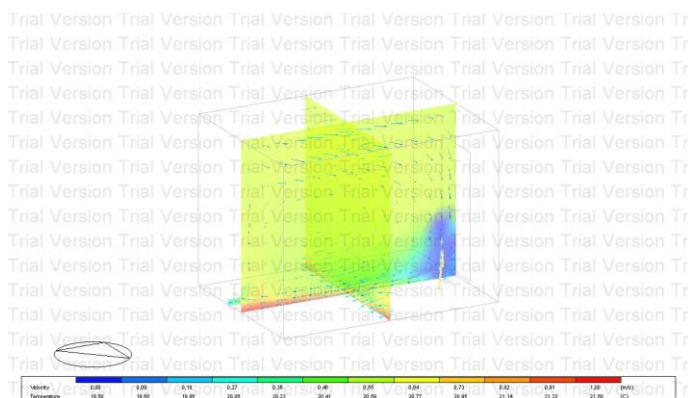
**Obrázek 53** Skalární rychlostní pole v místnosti - v podlaze

Z vyústky vystupuje vzduch o rychlosti 0,65 m/s, což je pro pobytovou zónu nevyhovující a nedoporučuje se zde trvalejší pobyt osob.



**Obrázek 54** Skalární teplotní pole v místnosti - v podlaze

Teplota v místnosti odpovídá proudění vzduchu od přírodní vyústky. Nejnížší teploty jsou severovýchodní stěny, protože zde vystupuje proud chladného vzduchu z podlahové vyústky a jsou zde největší rychlosti proudění vzduchu.



**Obrázek 55** Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti - v podlaze

Vzhledem k tomu, že se u okna uvažuje umístění pracovního stolu a hrozí zde riziko průvanu, je tato koncepční varianta umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu z hlediska rychlostních i teplotních profilů nevyhovující.

### C.3.4 Zhodnocení umístění vyústky přírodního vzduchu

Z výsledků počítačového modelování vyplývá, že nejvhodnější koncepční variantou pro umístění vyústky přírodního vzduchu je v tomto případě varianta č. 1, kdy je vyústka přírodního vzduchu umístěna ve stropě a pro odvod vzduchu slouží dveřní mřížka. Umístění otvoru přírodního vzduchu vyhoví na požadovaný stav vnitřního mikroklimatu v pobytové zóně místnosti.

## D ZÁVĚR

Mnozí jedinci v dnešní době stále razí heslo „čím víc, tím líp“. Zhodnocení konstrukčních skladeb však ukázalo, že současné stavební materiály, které jsou běžně dostupné na trhu, mají natolik dobré tepelně technické vlastnosti, že při vhodné volbě konstrukčního materiálu a při odborné realizaci stavebních detailů již není třeba provádět dodatečnou tepelnou izolaci obvodových stěn. Tepelnou izolací těchto obalových konstrukcí lze dosáhnout určité úspory energií, nicméně doba návratnosti je vyšší, než deklarovaná doba životnosti celého projektu.

Prefabrikovaný betonový panel s vnější tepelnou izolací má horší tepelně technické vlastnosti jako tvárnice Heluz Family 44 2in1. Betonová konstrukce, stejně jako cihelné tvárnice, patří k těžkým konstrukcím. Betonový panel vykazuje delší relaxační dobu a s tím spojené tepelně setrvačné vlastnosti. Během letních měsíců bude teplota vzduchu, radiální teplota a operativní teplota uvnitř objektu z prefabrikovaného betonového panelu nižší, nežli u objektu zděného, v zimních měsících však bude spotřeba energie na vytápění vyšší.

Lehká dřevostavba má z konstrukčních skladeb nejlepší tepelně technické vlastnosti, spotřeba energie na vytápění bude nejnižší. I přesto, že dřevostavby patří k lehkým konstrukcím, sádrovláknité desky umístěné z vnitřní strany konstrukce poskytnou lehkým stěnám vyplněným tepelným izolačním dostatečnou tepelnou akumulací k tomu, aby tyto stěny vykazovaly dobrou setrvačnost vnitřní prostorové a povrchové teploty. Vnitřní teploty jsou srovnatelné se zděnou konstrukcí.

U navržených opatření pro úsporu energií musíme vždy brát na zřetel nejenom jeho energetický a finanční přínos, ale i investiční náklady, jež do opatření vložíme. Ne každé opatření, které nám uspoří energii, bude z ekonomického hlediska výhodné.

Při návrhu každého projektu je důležité posouzení technické, ekologické a ekonomické proveditelnosti alternativních systémů vytápění a dostupnost OZE v dané lokalitě.

Rozdíl mezi výsledky výpočetního programu PROTECH s měsíčním krokem výpočtu a výpočetního programu DesignBuilder v5, jež umožňuje hodinový krok výpočtu, je nepatrný. Odchylka je zapříčiněna volbou energetického režimu budovy pro hodinový krok výpočtu.

Modelování různých variant výstavby nám odhalilo, že s nárůstem solárních zisků dochází ke snižování potřeby energie na vytápění, avšak zároveň dochází k nárůstu potřeby energií na chlazení. Optimálním návrhem je nutné hledat kompromis mezi těmito systémy, např. v létě zvýšit průtok čerstvého vzduchu a použít venkovní rolety či žaluzie.

Modelování jednotlivých koncepčních variant umístění otvoru pro přívod čerstvého vzduchu ukázalo, že je možné odhalit problémy, které by se při běžném postupu objevily až během užívání stavby. Odhalení problémů v jejich počátku umožňuje provést opatření již ve fázi návrhu.



## E POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ŠAFRÁNEK, Jaroslav. *Metody hodnocení energetické náročnosti budov*. Konference TOB 2011.
- [2] HUDCOVÁ, Lenka a kolektiv. *Energetická náročnost budov*. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-03-7.
- [3] Zákon 406/2006 Sb., o hospodaření energií
- [4] Vyhláška č. 78/2013 Sb. - Vyhláška o energetické náročnosti budov
- [5] TZB - INFO [online]. Praha: ČTK, 2017 [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15180-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-definice>
- [6] *Nová zelená úsporám* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí, 2014 [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
- [7] URBAN, Miroslav, Zbyněk SVOBODA, Karel KABELE, Daniel ADAMOVSÝ a Michal KABRHEL. *Metodika bilančního výpočtu energetické náročnosti budov*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov, 2009. Metodická příručka, závěrečná práce.
- [8] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *100+1 příklad z techniky prostředí*. Brno: Tribun EU, 2011. ISBN 978-80-7399-265-1.
- [9] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *100+1 příklad z techniky prostředí*. Brno: VUT Fast, 2011. ISBN 9788073992651.
- [10] EkoWATT [online]. Praha: EkoWATT CZ, 2008 [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/uspory/aktivni-solarni-zisky.shtml>
- [11] VRÁNA, Jakub a kolektiv. *Technická zařízení budov v praxi: Příručka pro stavaře*. Praha: GRADA, 2007. ISBN 80-247-1588-0.
- [12] *Časopis stavebnictví* [online]. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2009, 2009(1) [cit. 2017-11-23]. ISSN 1802-2030.
- [13] ATELIER DEK [online]. Praha: DEK, 2013 [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/breeam-leed-%E2%80%93-certifikace-z-hlediska-udrzitelneho-rozvoje-528>



## F SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

### *Zkratky*

CFD – Computational Fluid Dynamics  
COP – Coefficient of Performance  
ENB – Energetická náročnost budovy  
EŠOB – Energetický štítek obálky budovy  
LEED – Leadership in Energy and Environmental Design  
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu  
NZEB – Nearly zero energy building  
OZE – Obnovitelné zdroje energií  
PENB – Průkaz energetické náročnosti budovy  
RD – Rodinný dům  
TOB – Tepelná ochrana budov  
TV – Tepelný výkon

### *Fyzikální veličiny*

A – plocha [ $\text{m}^2$ ]  
c – měrná tepelná kapacita [ $\text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ ]  
h – entalpie [ $\text{kJ/kg}$ ]  
n – násobnost výměny vzduchu [ $\text{h}^{-1}$ ]  
Q – výkon [ $\text{W}$ ]  
t – čas [s], teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
v – rychlost [ $\text{m/s}$ ]  
V – objemový průtok [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
x – měrná vlhkost vzduchu [ $\text{kg/kg}$ ]  
  
 $\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W/m} \cdot \text{K}$ ]  
 $\eta$  – účinnost [%]  
 $\rho$  – hustota [ $\text{kg/m}^3$ ]

### *Indexy*

e – exteriér  
i – interiér  
o – odvodní / odpadní  
p – přívod / pracovní

## G SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

### Obrázky

<b>Obrázek 1</b> Energetický štítek obálky budovy dle ČSN 73 0540-2.....	18
<b>Obrázek 2</b> Grafická podoba průkazu energetické náročnosti budovy.....	20
<b>Obrázek 3</b> Celková dodaná energie .....	30
<b>Obrázek 4</b> Minimální a maximální zisk procházející radiací okny [9].....	31
<b>Obrázek 5</b> Zákres zájmové oblasti.....	40
<b>Obrázek 6</b> Letecký pohled - osazení objektu na terénu.....	40
<b>Obrázek 7</b> Informativní tok uvažovaných energií v budově.....	41
<b>Obrázek 8</b> Zjednodušené schéma zapojení.....	104
<b>Obrázek 9</b> Ventil pro přívod vzduchu TVPM a pro odvod vzduchu TVOM .....	108
<b>Obrázek 10</b> Tlakové ztráty a hladiny akustických výkonů přívodních ventilů TVPM .....	109
<b>Obrázek 11</b> Tlakové ztráty a hladiny akustických výkonů odvodních ventilů TVOM.....	109
<b>Obrázek 12</b> Schéma číslování úseků pro dimenzování přívodního a odvodního potrubí.....	110
<b>Obrázek 13</b> Kruhová hlavice VH 180 - odvod.....	111
<b>Obrázek 14</b> Provedení žaluzie s upevňovacím rámem .....	112
<b>Obrázek 15</b> Tlaková ztráta protidešťové žaluzie TWG 200 - přívod.....	112
<b>Obrázek 16</b> Půdorys a řez technické místnosti .....	113
<b>Obrázek 17</b> Rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500 .....	114
<b>Obrázek 18</b> Hx diagram - zimní provoz .....	115
<b>Obrázek 19</b> Schéma pro výpočet hladiny akustického výkonu.....	116
<b>Obrázek 20</b> Křivka dodávky a odběru tepla při ohřevu teplé vody.....	119
<b>Obrázek 21</b> Vnitřní systémová jednotka NIBE VVM 320.....	120
<b>Obrázek 22</b> Podlahové teplovodní vytápění na reflexní fólii .....	121
<b>Obrázek 23</b> Rozdělovač ENGINE NEREZ 7 okruhů a skříň rozdělovače P4 1030.....	122
<b>Obrázek 24</b> Potrubí RED 16x2 PEX - AL - PEX - Laser.....	123
<b>Obrázek 25</b> Software UNIVERSA - příklad detailů podlahového vytápění.....	128
<b>Obrázek 26</b> Zobrazení zóny č. 1 .....	164
<b>Obrázek 27</b> Vizualizace objektu pomocí počítačového programu DesignBuilder - azimut SZ - 315 ° .....	164
<b>Obrázek 28</b> Vizualizace pomocí počítačového programu DesignBuilder - azimut SV - 45 ° ....	168
<b>Obrázek 29</b> Vizualizace pomocí počítačového programu DesignBuilder - odstranění přesahu střechy .....	171
<b>Obrázek 30</b> Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - otvor pro přívod vzduchu ve stropě .....	183
<b>Obrázek 31</b> Vektorové rychlostní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě .....	183
<b>Obrázek 32</b> Skalární rychlostní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě .....	184
<b>Obrázek 33</b> Skalární rychlostní pole v místnosti ve výšce h = 1,8 m - otvor pro přívod vzduchu ve stropě .....	184
<b>Obrázek 34</b> Skalární teplotní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě .....	185
<b>Obrázek 35</b> Skalární teplotní pole v místnosti ve výšce h = 1,8 m - otvor pro přívod vzduchu ve stropě.....	185

<b>Obrázek 36</b> Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti - otvor pro přívod vzduchu ve stropě .....	186
<b>Obrázek 37</b> Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	186
<b>Obrázek 38</b> Vektorové rychlostní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	187
<b>Obrázek 39</b> Skalární rychlostní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	187
<b>Obrázek 40</b> Skalární rychlostní pole v místnosti ve výšce $h = 1,8$ m vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	188
<b>Obrázek 41</b> Skalární teplotní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	188
<b>Obrázek 42</b> Skalární teplotní pole v místnosti ve výšce $h = 1,8$ m vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	188
<b>Obrázek 43</b> Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti vzduchu - ve stěně z jedné strany .....	189
<b>Obrázek 44</b> Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - ve stěně naproti sobě .....	189
<b>Obrázek 45</b> Vektorové rychlostní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě .....	190
<b>Obrázek 46</b> Skalární rychlostní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě .....	190
<b>Obrázek 47</b> Skalární rychlostní pole v místnosti ve výšce $h = 1,8$ m - ve stěně naproti sobě .....	191
<b>Obrázek 48</b> Skalární teplotní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě .....	191
<b>Obrázek 49</b> Skalární teplotní pole v místnosti ve výšce $h = 1,8$ m - ve stěně naproti sobě .....	191
<b>Obrázek 50</b> Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti - ve stěně naproti sobě .....	192
<b>Obrázek 51</b> Koncepční schéma umístění otvorů pro přívod a odvod vzduchu - v podlaze .....	192
<b>Obrázek 52</b> Vektorové rychlostní pole v místnosti - v podlaze .....	193
<b>Obrázek 53</b> Skalární rychlostní pole v místnosti - v podlaze .....	193
<b>Obrázek 54</b> Skalární teplotní pole v místnosti - v podlaze .....	194
<b>Obrázek 55</b> Vektorové rychlostní a skalární teplotní pole v místnosti - v podlaze .....	194

## **Tabulky**

<b>Tabulka 1</b> Požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dle ČSN 73 0540 - 2: 201116	
<b>Tabulka 2</b> Klasifikační třídy dle ČSN 73 0540-2:2007 .....	16
<b>Tabulka 3</b> Zařazení budovy do klasifikačních tříd dle vyhlášky 78/2013 Sb. ....	20
<b>Tabulka 4</b> Parametry a hodnoty referenční budovy (vyhláška č. 78/2013 Sb.) .....	21
<b>Tabulka 5</b> Referenční parametry a hodnoty pro měněné stavební prvky obálky budovy (vyhláška č. 78/2013 Sb.) .....	23
<b>Tabulka 6</b> Referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy (vyhláška č. 78/2013 Sb.) .....	23
<b>Tabulka 7</b> Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro ref. budovu (vyhláška č. 78/2013 Sb.) .....	23
<b>Tabulka 8</b> Požadované parametry v oblasti podpory A .....	25
<b>Tabulka 9</b> Požadované parametry v oblasti podpory B .....	26
<b>Tabulka 10</b> Požadované parametry v podoblastech podpory C.3.1 a C.3.2 .....	28

<b>Tabulka 11</b> Požadované parametry v podoblasti podpory C.3.3 .....	28
<b>Tabulka 12</b> Požadované parametry v podoblasti podpory C.3.4, C.3.5, C.3.6 a C.3.7 .....	28
<b>Tabulka 13</b> Požadované parametry v podoblasti podpory C.4.1 a C.4.2 .....	28
<b>Tabulka 14</b> Soupis základních údajů o energetických vstupech a výstupech - výchozí stav.....	41
<b>Tabulka 15</b> Stanovení investičních nákladů výchozích energetických zdrojů.....	43
<b>Tabulka 16</b> Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie .....	44
<b>Tabulka 17</b> Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie.....	44
<b>Tabulka 18</b> Emisní faktory pro stanovení množství emisí a výchozí stav produkce emisí.....	45
<b>Tabulka 19</b> Základní údaje budovy, specifikace stavebních konstrukcí.....	46
<b>Tabulka 20</b> Stanovení objemového faktoru tvaru objektu .....	46
<b>Tabulka 21</b> Stanovení investičních nákladů svislých konstrukcí výchozího stavu.....	46
<b>Tabulka 22</b> Stanovení investičních nákladů podlahové izolace výchozího stavu.....	46
<b>Tabulka 23</b> Výchozí roční energetická bilance .....	47
<b>Tabulka 24</b> Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].....	48
<b>Tabulka 25</b> Průměrný součinitel prostupu tepla objektu .....	49
<b>Tabulka 26</b> Polohopisné a klimatické návrhové podmínky.....	49
<b>Tabulka 27</b> Přehled tepelných ztrát prostupem a větráním .....	50
<b>Tabulka 28</b> Procentuální rozdělení tepelných ztrát .....	50
<b>Tabulka 29</b> Souhrn celkových hodnot výchozího stavu .....	51
<b>Tabulka 30</b> Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].....	52
<b>Tabulka 31</b> Průměrný součinitel prostupu tepla objektu .....	52
<b>Tabulka 32</b> Stanovení investičních vícenákladů konstrukční skladby 0.1 .....	53
<b>Tabulka 33</b> Energeticko-ekonomické přínosy konstrukční skladby 0.1 .....	53
<b>Tabulka 34</b> Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].....	55
<b>Tabulka 35</b> Průměrný součinitel prostupu tepla objektu .....	55
<b>Tabulka 36</b> Stanovení investičních vícenákladů konstrukční skladby 0.2 .....	56
<b>Tabulka 37</b> Energeticko-ekonomické přínosy konstrukční skladby 0.2 .....	56
<b>Tabulka 38</b> Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].....	58
<b>Tabulka 39</b> Průměrný součinitel prostupu tepla objektu .....	58
<b>Tabulka 40</b> Stanovení investičních vícenákladů konstrukční skladby 0.3 .....	59
<b>Tabulka 41</b> Energeticko-ekonomické přínosy konstrukční skladby 0.3 .....	59
<b>Tabulka 42</b> Stanovení investičních nákladů na opatření č. 1 .....	60
<b>Tabulka 43</b> Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 1 .....	61
<b>Tabulka 44</b> Stanovení investičních nákladů na opatření č. 2 .....	62
<b>Tabulka 45</b> Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 2 .....	62
<b>Tabulka 46</b> Stanovení investičních nákladů na opatření č. 3 .....	63
<b>Tabulka 47</b> Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 3 .....	64
<b>Tabulka 48</b> Stanovení investičních nákladů na opatření č. 4 .....	64
<b>Tabulka 49</b> Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 4 .....	65
<b>Tabulka 50</b> Stanovení investičních nákladů na opatření č. 5 .....	66
<b>Tabulka 51</b> Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 5 .....	66
<b>Tabulka 52</b> Stanovení investičních nákladů na opatření č. 6 .....	67
<b>Tabulka 53</b> Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 6 .....	68

<b>Tabulka 54</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 7.....	69
<b>Tabulka 55</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 7.....	69
<b>Tabulka 56</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 8.....	70
<b>Tabulka 57</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 8.....	71
<b>Tabulka 58</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 9.....	72
<b>Tabulka 59</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 9.....	73
<b>Tabulka 60</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 10.....	74
<b>Tabulka 61</b>	Parametry instalovaného OZE.....	74
<b>Tabulka 62</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 10.....	75
<b>Tabulka 63</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 11.....	76
<b>Tabulka 64</b>	Parametry instalovaného OZE.....	76
<b>Tabulka 65</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 11.....	77
<b>Tabulka 66</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 12.....	78
<b>Tabulka 67</b>	Parametry instalovaného OZE.....	78
<b>Tabulka 68</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 12.....	78
<b>Tabulka 69</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 13.....	79
<b>Tabulka 70</b>	Parametry instalovaného OZE.....	80
<b>Tabulka 71</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 13.....	80
<b>Tabulka 72</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 14.....	81
<b>Tabulka 73</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 14.....	82
<b>Tabulka 74</b>	Procentuální rozdělení tepelných ztrát při použití ZZT .....	83
<b>Tabulka 75</b>	Stanovení investičních nákladů na opatření č. 15.....	84
<b>Tabulka 76</b>	Energeticko-ekonomické přínosy opatření č. 15.....	84
<b>Tabulka 77</b>	Souhrn navržených konstrukčních skladeb .....	85
<b>Tabulka 78</b>	Souhrn navržených opatření pro výchozí stav .....	86
<b>Tabulka 79</b>	Seznam opatření ve variantě č. 1 .....	87
<b>Tabulka 80</b>	Změna energetické náročnosti po realizaci varianty č. 1 .....	88
<b>Tabulka 81</b>	Procentuální rozdělení tepelných ztrát ve variantě č. 1 .....	88
<b>Tabulka 82</b>	Soupis základních údajů o energetických vstupech varianty č. 1 .....	89
<b>Tabulka 83</b>	Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie varianty č. 1 .....	89
<b>Tabulka 84</b>	Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie ve variantě č. 1.....	89
<b>Tabulka 85</b>	Upravená energetická bilance pro variantu č. 1 .....	90
<b>Tabulka 86</b>	Seznam opatření ve variantě č. 2 .....	91
<b>Tabulka 87</b>	Změna energetické náročnosti po realizaci varianty č. 2.....	91
<b>Tabulka 88</b>	Procentuální rozdělení tepelných ztrát ve variantě č. 2 .....	91
<b>Tabulka 89</b>	Soupis základních údajů o energetických vstupech varianty č. 2 .....	92
<b>Tabulka 90</b>	Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie varianty č. 2.....	92
<b>Tabulka 91</b>	Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie ve variantě č. 2.....	93
<b>Tabulka 92</b>	Upravená energetická bilance pro variantu č. 2 .....	93
<b>Tabulka 93</b>	Průměrné roční náklady na údržbu po dobu předpokládané životnosti projektu....	97
<b>Tabulka 94</b>	Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivity investic.....	98
<b>Tabulka 95</b>	Emisní faktory pro stanovení množství emisí .....	100
<b>Tabulka 96</b>	Emise znečišťujících látek výchozího stavu a varianty č. 1.....	100

<b>Tabulka 97</b> Emise znečišťujících látek výchozího stavu a varianty č. 2 .....	100
<b>Tabulka 98</b> Součinitel prostupu tepla budovy po realizaci varianty č. 2.....	102
<b>Tabulka 99</b> Upravená energetická bilance pro variantu č. 2 .....	102
<b>Tabulka 100</b> Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie varianty č. 2 .....	102
<b>Tabulka 101</b> Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie ve variantě č. 2.....	103
<b>Tabulka 102</b> Přehled konstrukcí a součinitelů prostupu tepla $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].....	105
<b>Tabulka 103</b> Průměrný součinitel prostupu tepla objektu .....	105
<b>Tabulka 104</b> Polohopisné a klimatické návrhové podmínky.....	106
<b>Tabulka 105</b> Přehled tepelných ztrát prostupem a nuceným větráním .....	106
<b>Tabulka 106</b> Přehled průtoků přírodního a odvodního vzduchu pro jednotlivé místnosti .....	107
<b>Tabulka 107</b> Přehled zvolených talířových ventilů pro jednotlivé místnosti .....	108
<b>Tabulka 108</b> Dimenzování přírodního potrubí VZT .....	110
<b>Tabulka 109</b> Dimenzování odvodního potrubí VZT.....	111
<b>Tabulka 110</b> Útlum hluku - přírodní a odvodní potrubí.....	117
<b>Tabulka 111</b> Přehled místností s podlahovým vytápěním .....	120
<b>Tabulka 112</b> Hodnoty pro $q_{G,max}$ v závislosti na $\theta_{F,max}$ a $\theta$ (ČSN 1264).....	124
<b>Tabulka 113</b> Software UNIVERSA - přehled místností .....	127
<b>Tabulka 114</b> Software UNIVERSA - přehled tepelných ztrát.....	128
<b>Tabulka 115</b> Software UNIVERSA - skladba podlah Pd002 a Pd007 .....	129
<b>Tabulka 116</b> Software UNIVERSA - návrh roztečí podlahového vytápění .....	129
<b>Tabulka 117</b> Software UNIVERSA - návrh přívodů podlahového vytápění.....	129
<b>Tabulka 118</b> Vstupní údaje pro tepelné čerpadlo.....	130
<b>Tabulka 119</b> Stanovení počtu denostupňů .....	130
<b>Tabulka 120</b> Vypočítané hodnoty pro tepelné čerpadlo .....	131
<b>Tabulka 121</b> Teploty a tepelné ztráty objektu prostupem a větráním .....	165
<b>Tabulka 122</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	166
<b>Tabulka 123</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	167
<b>Tabulka 124</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	168
<b>Tabulka 125</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	169
<b>Tabulka 126</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	172
<b>Tabulka 127</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	173
<b>Tabulka 128</b> Teploty a tepelné ztráty objektu prostupem a větráním .....	175
<b>Tabulka 129</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	176
<b>Tabulka 130</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	177
<b>Tabulka 131</b> Teploty a tepelné ztráty objektu prostupem a větráním .....	178
<b>Tabulka 132</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	179
<b>Tabulka 133</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	180
<b>Tabulka 134</b> Teploty, solární zisky a spotřeba energie na vytápění za rok.....	182

## Grafy

<b>Graf 1</b> Podíl jednotlivých složek energií - výchozí stav.....	42
<b>Graf 2</b> Rozdělení tepelných ztrát - výchozí stav .....	51

<b>Graf 3</b> Spotřeba energií pro konstrukční skladbu 0.1 .....	54
<b>Graf 4</b> Spotřeba energií pro konstrukční skladbu 0.2 .....	57
<b>Graf 5</b> Spotřeba energií pro konstrukční skladbu 0.3 .....	60
<b>Graf 6</b> Spotřeba energií pro opatření č. 1 .....	61
<b>Graf 7</b> Spotřeba energií pro opatření č. 2 .....	63
<b>Graf 8</b> Spotřeba energií pro opatření č. 3 .....	64
<b>Graf 9</b> Spotřeba energií pro opatření č. 4 .....	65
<b>Graf 10</b> Spotřeba energií pro opatření č. 5 .....	67
<b>Graf 11</b> Spotřeba energií pro opatření č. 6 .....	68
<b>Graf 12</b> Spotřeba energií pro opatření č. 7 .....	70
<b>Graf 13</b> Spotřeba energií pro opatření č. 8 .....	71
<b>Graf 14</b> Spotřeba energií pro opatření č. 9 .....	73
<b>Graf 15</b> Spotřeba energií pro opatření č. 10 .....	75
<b>Graf 16</b> Spotřeba energií pro opatření č. 11 .....	77
<b>Graf 17</b> Spotřeba energií pro opatření č. 12 .....	79
<b>Graf 18</b> Spotřeba energií pro opatření č. 13 .....	81
<b>Graf 19</b> Spotřeba energií pro opatření č. 14 .....	82
<b>Graf 20</b> Rozdělení tepelných ztrát - opatření č. 14 .....	83
<b>Graf 21</b> Spotřeba energií pro opatření č. 15 .....	84
<b>Graf 22</b> Spotřeba energií pro jednotlivé konstrukční skladby .....	85
<b>Graf 23</b> Rozdělení tepelných ztrát po realizaci - varianta č. 1 .....	88
<b>Graf 24</b> Spotřeba energií pro variantu č. 1 .....	90
<b>Graf 25</b> Rozdělení tepelných ztrát po realizaci - varianta č. 2 .....	92
<b>Graf 26</b> Spotřeba energií pro variantu č. 2 .....	93
<b>Graf 27</b> Výkon a topný faktor (COP) tepelného čerpadla F2040 - 8 při různých výstupních teplotách .....	131
<b>Graf 28</b> Teploty a tepelné ztráty objektu .....	165
<b>Graf 29</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	166
<b>Graf 30</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	167
<b>Graf 31</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	169
<b>Graf 32</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	170
<b>Graf 33</b> Vliv orientace ke světovým stranám na ENB - spotřeba energie na vytápění .....	170
<b>Graf 34</b> Vliv orientace ke světovým stranám na ENB - solární zisky .....	171
<b>Graf 35</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	172
<b>Graf 36</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	173
<b>Graf 37</b> Vliv odstranění stínění na ENB - spotřeba energie na vytápění .....	174
<b>Graf 38</b> Vliv odstranění stínění na ENB - solární zisky .....	174
<b>Graf 39</b> Teploty a tepelné ztráty objekt .....	175
<b>Graf 40</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	176
<b>Graf 41</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	177
<b>Graf 42</b> Vliv konstrukční skladby 0.2 na ENB – spotřeba energie na vytápění .....	178
<b>Graf 43</b> Teploty a tepelné ztráty objekt .....	179
<b>Graf 44</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií za rok .....	180

<b>Graf 45</b> Teploty, tepelné zisky a spotřeba energií v jednotlivých měsících .....	181
<b>Graf 46</b> Vliv konstrukční skladby 0.3 na ENB - spotřeba energie na vytápění .....	181



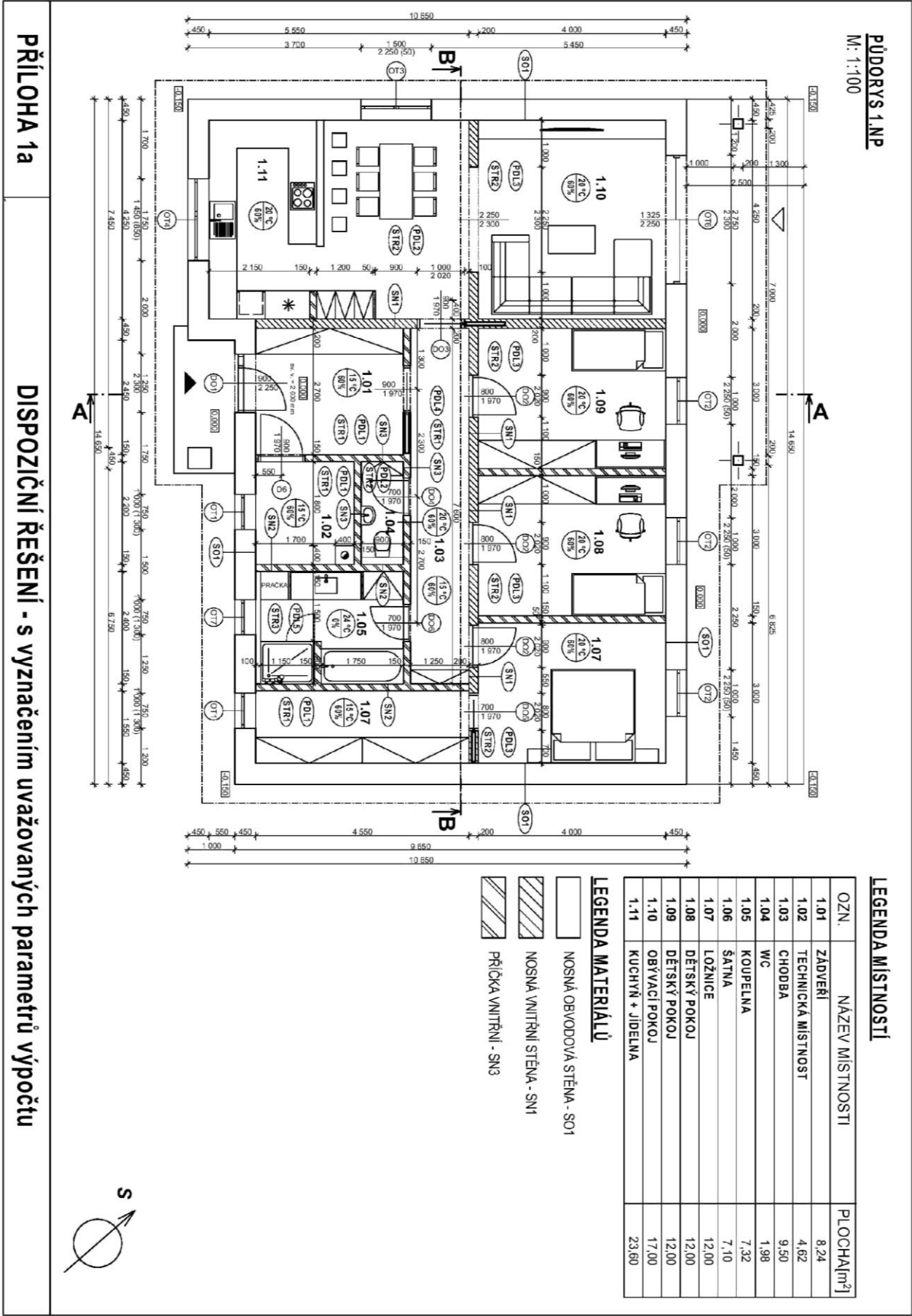
## **PŘÍLOHY**

**Výkres č. 01 - Vzduchotechnika - půdorys 1.NP**

**Výkres č. 02 - Vzduchotechnika - řez A – A', řez B – B'**

**Výkres č. 03 - Podlahové vytápění - půdorys 1.NP**

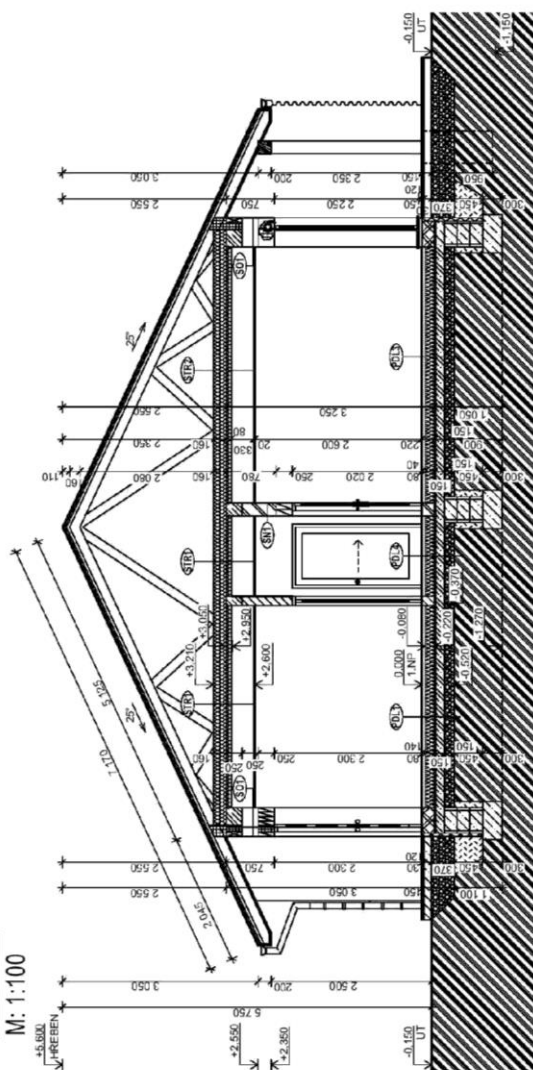
Příloha č. 1 - Zadaný rodinný dům



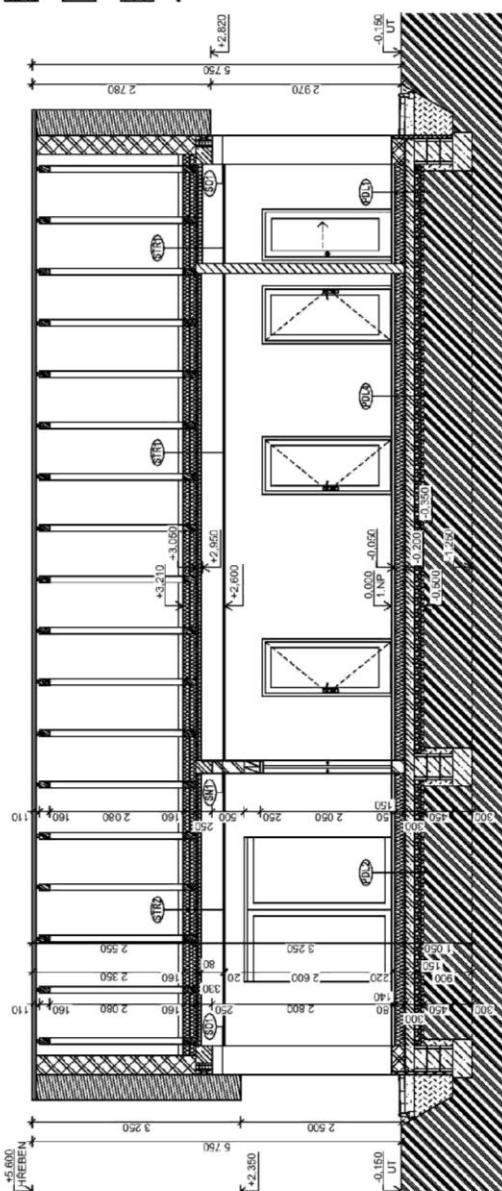
# **LEGENDA MATERIÁLŮ**

	NOSNÁ OBVODOVÁ STĚNA - SO1
	NOSNÁ VNITŘNÍ STĚNA - SN1
	PŘÍČKA VNITŘNÍ - SN3
	BETON PROSTÝ C20/25
	BETON VYZTUŽENÝ C20/25
	DŘEVO
	T. I. ISOVER EPS 100
	T. I. ISOVER EPS PERIMETR TL 50 mm
	T. I. EPS TL 80 mm
	T. I. ISOVER UNI TL 80 mm A 160 mm
	ZHUTNĚNÝ ŠTERKOPÍSEK
	ZEMINA NASYPANÁ
	ROSTLÝ TERÉN
	HYDROIZOLACE

**ŘEZA - A'**  
M: 1:100



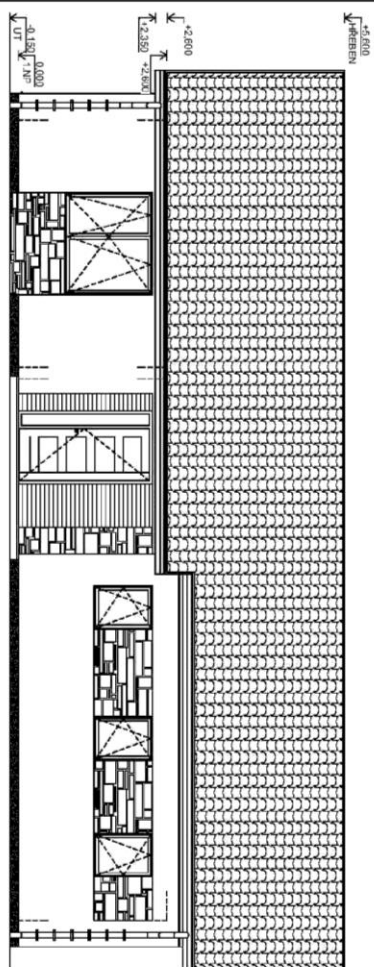
**ŘEZ B - B'**  
M: 1:100



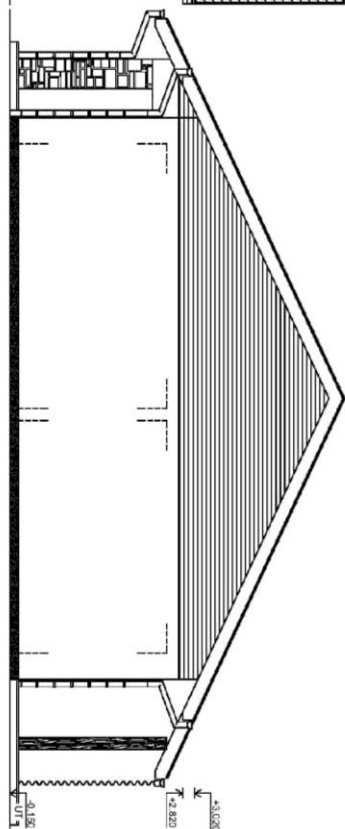
**ŘEZA - A' ŘEZ B - B'**

**PŘÍLOHA 1b**

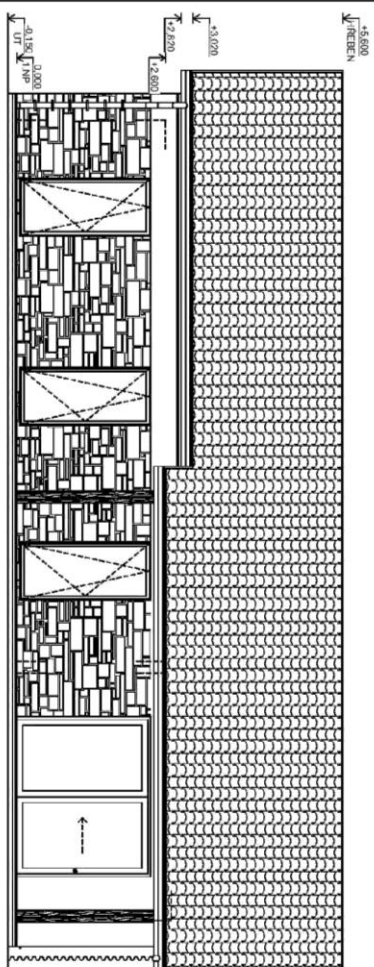
**POHLED JIHOZÁPADNÍ**  
M: 1:100



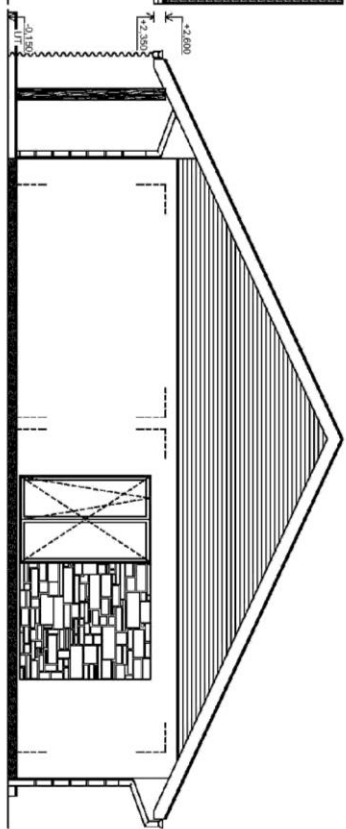
**POHLED JIHOVÝCHODNÍ**  
M: 1:100



**POHLED SEVEROVÝCHODNÍ**  
M: 1:100



**POHLED SEVEROZÁPADNÍ**  
M: 1:100



## Příloha č. 2 - Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

### Posouzení konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
0.0

TOB v.15.5.9 © PROTECH spol. s r.o.  
Datum tisku: 03.01.2018

### Přehled konstrukcí

Stavba: DIPLOMOVÁ PRÁCE - RODINNÝ DŮM

Místo: RATIBOŘICE p. č. 596/20

Zadavatel: Bc. Daniela Rodková

Zpracovatel: Bc. Daniela Rodková

Zakázka: 0.0

Archiv:

Projektant: Daniela Rodková

Datum: 05.09.2017

E-mail:

Telefon:

Stávající stav - rodinný dům

SO1	V1	HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená
-----	----	-------------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnější (těžká)

UN,20 = 0,30 Urec,20 = 0,25 Upas,20,h = 0,18 Upas,20,d = 0,12 W/(m².K)

θ<sub>i</sub> = 20 °C UN = 0,30 Urec = 0,25 Upas,h = 0,18 Upas,d = 0,12 W/(m².K)

Korekční činitel ΔUtbk = 0,020 W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = 0,154 W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λ <sub>ekv</sub> W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	
2	508a-002	Family 44 2in1 broušená	Z vr.	440,00	0,061	0,00	0,061	7,213	
3	524-41	armovací tkanina	Z vr.	1,00	0,800	0,00	0,800	0,001	
4	599-006	weber.dur 130	Z vr.	15,00	0,390	0,00	0,390	0,038	
5	600-002	weber.pas silikát	Z vr.	4,00	0,800	0,00	0,800	0,005	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	
		Odpor celkem R <sub>T</sub>						7,453	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔUtbk 0,154

SN1	V1	HELUZ 20 broušená
-----	----	-------------------

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně

UN,20 = 2,70 Urec,20 = 1,80 Upas,20,h = 0,00 Upas,20,d = 0,00 W/(m².K)

θ<sub>i</sub> = 20 °C UN = 2,70 Urec = 1,80 Upas,h = 0,00 Upas,d = 0,00 W/(m².K)

Korekční činitel ΔUtbk = 0,000 W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = 0,951 W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λ <sub>ekv</sub> W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	
2	508g-001	HELUZ 20 broušená	Z vr.	200,00	0,270	0,00	0,270	0,741	
3	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	
Rse		Odpor při přestupu						0,130	
		Odpor celkem R <sub>T</sub>						1,052	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔUtbk 0,951

SN2	V1	HELUZ 14 broušená
-----	----	-------------------

ČSN 73 0540-2:2011: Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně

UN,20 = 1,30 Urec,20 = 0,90 Upas,20,h = 0,00 Upas,20,d = 0,00 W/(m².K)

θ<sub>i</sub> = 20 °C UN = 1,30 Urec = 0,90 Upas,h = 0,00 Upas,d = 0,00 W/(m².K)

Korekční činitel ΔUtbk = 0,000 W/(m².K), Vypočítaná hodnota U = 1,205 W/(m².K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	λ W/(m.K)	ZTM	λ <sub>ekv</sub> W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m².K)/W	U W/(m².K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	
2	508g-006	HELUZ 14 broušená	Z vr.	140,00	0,270	0,00	0,270	0,519	
3	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	

# Posouzení konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
0.0

TOB v.15.5.9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rse		Odpor při přestupu Odpor celkem $R_T$						0,130 0,830	= (1/ $R_T$ )+ $\Delta U_{tbk}$ 1,205

<b>SN3</b>	<b>V1</b>	<b>HELUZ 14 broušená</b>
------------	-----------	--------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně**

UN,20 = **2,70** Urec,20 = **1,80** Upas,20,h = **0,00** Upas,20,d = **0,00** W/(m<sup>2</sup>.K)

$\theta_i$  = **20 °C** UN = **2,70** Urec = **1,80** Upas,h = **0,00** Upas,d = **0,00** W/(m<sup>2</sup>.K)

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk}$  = **0,000** W/(m<sup>2</sup>.K), Vypočítaná hodnota U = **1,205** W/(m<sup>2</sup>.K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,130	
1	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	
2	508g-006	HELUZ 14 broušená	Z vr.	140,00	0,270	0,00	0,270	0,519	
3	599-006	weber.dur 130	Z vr.	10,00	0,390	0,00	0,390	0,026	
Rse		Odpor při přestupu						0,130	
		Odpor celkem $R_T$						0,830	= (1/ $R_T$ )+ $\Delta U_{tbk}$ 1,205

<b>PDL1</b>	<b>V1</b>	<b>Keramická dlažba</b>
-------------	-----------	-------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)

$\theta_i$  = **20 °C** UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk}$  = **0,000** W/(m<sup>2</sup>.K), Vypočítaná hodnota U = **0,260** W/(m<sup>2</sup>.K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,170	
1	130-03	Keram. dlažba	Z vr.	10,00	1,010	0,00	1,010	0,010	
2	420l-015	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	Z vr.	3,00	1,400	0,00	1,400	0,002	
3	101-011	Beton hutný (2100)	Z vr.	65,00	1,050	0,00	1,050	0,062	
4	633f-089	Isover EPS 100S	Z vr.	140,00	0,037	0,05	0,039	3,604	
5	440-02	charBIT R 500 H	Z vr.	2,00		0,00		0,000	
Rse		Odpor při přestupu						0,000	
		Odpor celkem $R_T$						3,848	= (1/ $R_T$ )+ $\Delta U_{tbk}$ 0,260

Stanovení hodnoty ZTM

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Podíl %	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	Isover EPS 100S	0,037		0,05	0,00	0,00	0,05

<b>PDL2</b>	<b>V1</b>	<b>Keramická dlažba</b>
-------------	-----------	-------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**

UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)

$\theta_i$  = **20 °C** UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)

Korekční činitel  $\Delta U_{tbk}$  = **0,000** W/(m<sup>2</sup>.K), Vypočítaná hodnota U = **0,261** W/(m<sup>2</sup>.K)

Složení konstrukce

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,170	
1	130-03	Keram. dlažba	Z vr.	10,00	1,010	0,00	1,010	0,010	
2	420l-015	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	Z vr.	3,00	1,400	0,00	1,400	0,002	
3	1001-01	Anhydrit	Z vr.	65,00	1,200	0,00	1,200	0,054	
4	633f-089	Isover EPS 100S	Z vr.	140,00	0,037	0,05	0,039	3,604	
5	440-02	charBIT R 500 H	Z vr.	2,00		0,00		0,000	

**Posouzení konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011**977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
0.0

TOB v.15.5.9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

č.v.			d mm	λ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	λ <sub>ekv</sub> W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu Odpor celkem R <sub>T</sub>					0,000 3,828	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔU <sub>tbk</sub> 0,261

Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	λ W/(m.K)	Podíl %	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	Isover EPS 100S	0,037		0,05	0,00	0,00	0,05

<b>PDL3</b>	V1	<b>Plovoucí podlaha</b>
-------------	----	-------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)θ<sub>i</sub> = **20** °C UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)Korekční činitel ΔU<sub>tbk</sub> = **0,000** W/(m<sup>2</sup>.K), Vypočítaná hodnota U = **0,261** W/(m<sup>2</sup>.K)

Složení konstrukce

č.v.			d mm	λ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	λ <sub>ekv</sub> W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,170	
1	150-05	Dřevěná lamelová podlaha	Z vr.	10,00	0,110	0,00	0,110	0,091
2	420I-015	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	Z vr.	3,00	1,400	0,00	1,400	0,002
3	100I-01	Anhydrit	Z vr.	65,00	1,200	0,00	1,200	0,054
4	633f-089	Isover EPS 100S	Z vr.	140,00	0,037	0,05	0,039	3,604
5	440-02	charBIT R 500 H	Z vr.	2,00	0,00		0,000	
R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu Odpor celkem R <sub>T</sub>					0,000 3,828	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔU <sub>tbk</sub> 0,261

Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	λ W/(m.K)	Podíl %	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	Isover EPS 100S	0,037		0,05	0,00	0,00	0,05

<b>PDL4</b>	V1	<b>Plovoucí podlaha</b>
-------------	----	-------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)θ<sub>i</sub> = **20** °C UN = **0,45** Urec = **0,30** Upas,h = **0,22** Upas,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)Korekční činitel ΔU<sub>tbk</sub> = **0,000** W/(m<sup>2</sup>.K), Vypočítaná hodnota U = **0,261** W/(m<sup>2</sup>.K)

Složení konstrukce

č.v.			d mm	λ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	λ <sub>ekv</sub> W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,170	
1	150-05	Dřevěná lamelová podlaha	Z vr.	10,00	0,110	0,00	0,110	0,091
2	420I-015	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	Z vr.	3,00	1,400	0,00	1,400	0,002
3	100I-01	Anhydrit	Z vr.	65,00	1,200	0,00	1,200	0,054
4	633f-089	Isover EPS 100S	Z vr.	140,00	0,037	0,05	0,039	3,604
5	440-02	charBIT R 500 H	Z vr.	2,00	0,00		0,000	
R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu Odpor celkem R <sub>T</sub>					0,000 3,828	= (1/R <sub>T</sub> )+ΔU <sub>tbk</sub> 0,261

Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	λ W/(m.K)	Podíl %	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	Isover EPS 100S	0,037		0,05	0,00	0,00	0,05

<b>PDL5</b>	V1	<b>Keramická dlažba</b>
-------------	----	-------------------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině**UN,20 = **0,45** Urec,20 = **0,30** Upas,20,h = **0,22** Upas,20,d = **0,15** W/(m<sup>2</sup>.K)

**Posouzení konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011**

 977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
 0.0

TOB v.15.5.9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

 $\theta_i = 20^\circ\text{C}$      $UN = 0,45$      $U_{rec} = 0,30$      $U_{pas,h} = 0,22$      $U_{pas,d} = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$   
 Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = 0,000 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,    Vypočítaná hodnota  $U = 0,261 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 
**Složení konstrukce**

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,170	
1	130-03	Keram. dlažba	Z vr.	10,00	1,010	0,00	1,010	0,010	
2	420I-015	Nivello 10 (samoniv.stěrka)	Z vr.	3,00	1,400	0,00	1,400	0,002	
3	1001-01	Anhydrit	Z vr.	65,00	1,200	0,00	1,200	0,054	
4	633f-089	Isover EPS 100S	Z vr.	140,00	0,037	0,05	0,039	3,604	
5	440-02	charBIT R 500 H	Z vr.	2,00		0,00		0,000	
Rse		Odpor při přestupu						0,000	
		Odpor celkem $R_T$						3,828	$= (1/R_T) + \Delta U_{tbk}$ 0,261

**Stanovení hodnoty ZTM**

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Podíl %	$Z_{TM}$ Vlhkost	$Z_{TM}$ Kotvení	$Z_{TM}$ Nehomogenní vrstvy	$Z_{TM}$ Celkem
4	Isover EPS 100S	0,037		0,05	0,00	0,00	0,05

<b>STR1</b>	<b>V1</b>	<b>Strop</b>
-------------	-----------	--------------

**ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně**
 $UN,20 = 0,24$      $U_{rec,20} = 0,16$      $U_{pas,20,h} = 0,15$      $U_{pas,20,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$   
 $\theta_i = 20^\circ\text{C}$      $UN = 0,24$      $U_{rec} = 0,16$      $U_{pas,h} = 0,15$      $U_{pas,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$   
 Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = 0,000 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,    Vypočítaná hodnota  $U = 0,156 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 
**Složení konstrukce**

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,100	
1	110-02	Sádrokarton	Z vr.	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057	
2	163-01	Vz. - tok zdola nahoru	Z vr.	330,00		0,00		0,160	
3	633m-011	Vario KM Duplex UV	Z vr.	0,22		0,00		0,000	
4	633-064	Isover UNI	Z vr.	80,00	0,035	0,07	0,037	2,136	
5	633-068	Isover UNI	Z vr.	160,00	0,035	0,17	0,041	3,907	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	
		Odpor celkem $R_T$						6,400	$= (1/R_T) + \Delta U_{tbk}$ 0,156

**Stanovení hodnoty ZTM**

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Podíl %	$Z_{TM}$ Vlhkost	$Z_{TM}$ Kotvení	$Z_{TM}$ Nehomogenní vrstvy	$Z_{TM}$ Celkem
4	Isover UNI	0,035		0,07	0,00	0,00	0,07
5	Isover UNI	0,035		0,07	0,00	0,10	0,17

<b>STR2</b>	<b>V1</b>	<b>Strop</b>
-------------	-----------	--------------

**ČSN 73 0540-2:2011: Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně**
 $UN,20 = 0,24$      $U_{rec,20} = 0,16$      $U_{pas,20,h} = 0,15$      $U_{pas,20,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$   
 $\theta_i = 20^\circ\text{C}$      $UN = 0,24$      $U_{rec} = 0,16$      $U_{pas,h} = 0,15$      $U_{pas,d} = 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$   
 Korekční činitel  $\Delta U_{tbk} = 0,000 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,    Vypočítaná hodnota  $U = 0,156 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 
**Složení konstrukce**

č.v.				d mm	$\lambda$ W/(m.K)	ZTM	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$R_v$ (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu						0,100	
1	110-02	Sádrokarton	Z vr.	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057	
2	163-01	Vz. - tok zdola nahoru	Z vr.	3 300,00		0,00		0,160	
3	633m-011	Vario KM Duplex UV	Z vr.	0,22		0,00		0,000	
4	633-064	Isover UNI	Z vr.	80,00	0,035	0,07	0,037	2,136	
5	633-068	Isover UNI	Z vr.	160,00	0,035	0,17	0,041	3,907	
Rse		Odpor při přestupu						0,040	
									$= (1/R_T) + \Delta U_{tbk}$



**Posouzení konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011**

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.

0.0

TOB v.15.5.9 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 03.01.2018

č.v.			d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{\text{ekv}}$ W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
		Odpor celkem R <sub>T</sub>					6,400	0,156

Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Podíl %	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	Isover UNI	0,035		0,07	0,00	0,00	0,07
5	Isover UNI	0,035		0,07	0,00	0,10	0,17

<b>STR3</b>	<b>V1</b>	<b>Strop</b>
-------------	-----------	--------------

ČSN 73 0540-2:2011: **Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně**UN,20 = **0,24** Urec,20 = **0,16** Upas,20,h = **0,15** Upas,20,d = **0,10** W/(m<sup>2</sup>.K) $\theta_i$  = **20** °C UN = **0,24** Urec = **0,16** Upas,h = **0,15** Upas,d = **0,10** W/(m<sup>2</sup>.K)Korekční činitel  $\Delta U_{\text{tbk}}$  = **0,000** W/(m<sup>2</sup>.K), Vypočítaná hodnota U = **0,156** W/(m<sup>2</sup>.K)

## Složení konstrukce

č.v.			d mm	$\lambda$ W/(m.K)	Z <sub>TM</sub>	$\lambda_{\text{ekv}}$ W/(m.K)	R <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)
Rsi		Odpor při přestupu					0,100	
1	110-02	Sádrokarton	12,50	0,220	0,00	0,220	0,057	
2	163-01	Vz. - tok zdola nahoru	330,00		0,00		0,160	
3	633m-011	Vario KM Duplex UV	0,22		0,00		0,000	
4	633-064	Isover UNI	80,00	0,035	0,07	0,037	2,136	
5	633-068	Isover UNI	160,00	0,035	0,17	0,041	3,907	
Rse		Odpor při přestupu					0,040	
		Odpor celkem R <sub>T</sub>					6,400	= (1/R <sub>T</sub> )+ $\Delta U_{\text{tbk}}$ 0,156

Stanovení hodnoty Z<sub>TM</sub>

č.v.	Materiál	$\lambda$ W/(m.K)	Podíl %	Z <sub>TM</sub> Vlhkost	Z <sub>TM</sub> Kotvení	Z <sub>TM</sub> Nehomogenní vrstvy	Z <sub>TM</sub> Celkem
4	Isover UNI	0,035		0,07	0,00	0,00	0,07
5	Isover UNI	0,035		0,07	0,00	0,10	0,17

### 1. Výplně otvorů z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

ČSN 73 0540-2:2011: Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří

$\theta_i = 15\text{ °C}$  UN,20 = 1,50 Urec,20 = 1,20 Upas,20,h = 0,80 Upas,20,d = 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K)  
UN = 2,18 Urec = 1,75 Upas,h = 1,16 Upas,d = 0,87 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	X m	Y m	i <sub>LV</sub>	g	FF %
OT1	700/1000	V1	0	1,100	0,70	1,00	0,870	0,75	33,2

ČSN 73 0540-2:2011: Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří

$\theta_i = 20\text{ °C}$  UN,20 = 1,50 Urec,20 = 1,20 Upas,20,h = 0,80 Upas,20,d = 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K)  
UN = 1,50 Urec = 1,20 Upas,h = 0,80 Upas,d = 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	X m	Y m	i <sub>LV</sub>	g	FF %
OT2	1000/2250	V1	0	1,100	1,00	2,25	0,870	0,75	20,7
OT3	1500/2250	V1	0	1,100	1,50	2,25	0,870	0,75	16,0
OT4	1750/1500	V1	0	1,100	1,75	1,50	0,870	0,75	17,7
OT6	2750/2300	V1	0	1,100	2,75	2,30	0,870	0,75	7,8

ČSN 73 0540-2:2011: Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří

$\theta_i = 24\text{ °C}$  UN,20 = 1,50 Urec,20 = 1,20 Upas,20,h = 0,80 Upas,20,d = 0,60 W/(m<sup>2</sup>·K)  
UN = 1,20 Urec = 0,96 Upas,h = 0,64 Upas,d = 0,48 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	X m	Y m	i <sub>LV</sub>	g	FF %
OT7	700/1000	V1	0	1,100	0,70	1,00	0,870	0,75	33,2

ČSN 73 0540-2:2011: Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)

$\theta_i = 15\text{ °C}$  UN,20 = 1,70 Urec,20 = 1,20 Upas,20,h = 0,90 Upas,20,d = 0,00 W/(m<sup>2</sup>·K)  
UN = 2,47 Urec = 1,75 Upas,h = 1,31 Upas,d = 0,00 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	X m	Y m	i <sub>LV</sub>	g	FF %
DO1	Vstupní dveře	V1	0	1,500	1,25	2,30	1,600	0,75	15,8

### 3. Výplně otvorů z vytápěného do temperovaného prostoru

ČSN 73 0540-2:2011: Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru

$\theta_i = 20\text{ °C}$  UN,20 = 3,50 Urec,20 = 2,30 Upas,20,h = 1,70 Upas,20,d = 0,00 W/(m<sup>2</sup>·K)  
UN = 3,50 Urec = 2,30 Upas,h = 1,70 Upas,d = 0,00 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	X m	Y m	i <sub>LV</sub>	g	FF %
DO2	Dveře vnitřní - 800/1970	V1	0	2,000	0,80	1,97	1,000	0,85	0,0
DO3	Dveře vnitřní - 900/1970	V1	0	2,000	0,90	1,97	1,000	0,85	30,1
DO4	Dveře vnitřní - 700/1970	V1	0	2,000	0,70	1,97	1,000	0,85	0,0
DO5	Dveře vnitřní - 700/1970	V1	0	2,000	0,70	1,97	1,000	0,85	0,0

ČSN 73 0540-2:2011: Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru

$\theta_i = 24\text{ °C}$  UN,20 = 3,50 Urec,20 = 2,30 Upas,20,h = 1,70 Upas,20,d = 0,00 W/(m<sup>2</sup>·K)  
UN = 2,80 Urec = 1,84 Upas,h = 1,36 Upas,d = 0,00 W/(m<sup>2</sup>·K)

OK	Popis	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	X m	Y m	i <sub>LV</sub>	g	FF %
DO6	Dveře vnitřní - 700/1970	V1	0	2,000	0,70	1,97	1,000	0,85	0,0

## Příloha č. 3 – Energetický štítek obálky budovy (EŠOB)

**Energetický štítek obálky budovy**  
977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
Zakázka: 0.0

Obálka v.1.2.1 © PROTECH spol. s r.o.  
Datum tisku: 03.01.2018

### Výpočet podle ČSN 73 0540-2:2011

Stavba:	DIPLOMOVÁ PRÁCE - RODINNÝ DŮM	
Místo:	RATIBOŘICE p. č. 596/20	Zadavatel: Bc. Daniela Rodková
Zpracovatel:	Bc. Daniela Rodková	
Zakázka:	0.0	Archiv:
Projektant:	Daniela Rodková	Datum: 05.09.2017
E-mail:		Telefon:

Rodinný dům

Ratibořice 596/20

Plocha systémové hranice zóny	A	336,6 m <sup>2</sup>
Objem zóny	V	505,3 m <sup>3</sup>
Faktor tvaru budovy	A/V	0,67 m <sup>-1</sup>
Převažující vnitřní teplota v otopném období	Θ <sub>im</sub>	20 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období	Θ <sub>e</sub>	-15 °C
Součinitel typu budovy	e <sub>1</sub>	1,00

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy		stávající stav	
- referenční budova - vypočítaná hodnota	U <sub>em,N,20,vyp</sub>	0,37	W/(m <sup>2</sup> .K)
- referenční budova - upravená podle tab.5	U <sub>em,N,20</sub>	0,37	W/(m <sup>2</sup> .K)
- požadovaná hodnota	U <sub>em,N</sub>	0,37	W/(m <sup>2</sup> .K)
- doporučená hodnota	U <sub>em,N,rec</sub>	0,28	W/(m <sup>2</sup> .K)
Měrná ztráta prostupem tepla	H <sub>T</sub>	84,04	W/K
- vypočítaná hodnota	U <sub>em</sub>	0,25	W/(m <sup>2</sup> .K)
Klasifikační ukazatel	CI	0,68	

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace	Ukazatel CI (horní meze)
	stávající stav	V1
A	Velmi úsporná	0,50
B	<b>Úsporná</b>	0,75
C	Vyhovující	1,00
D	Nevyhovující	1,50
E	Nehospodárná	2,00
F	Velmi nehospodárná	2,50
G	Mimořádně nehospodárná	>2,50

Referenční budova

Stanovení požadované hodnoty  $U_{em,N}$  průměrného součinitele prostupu tepla obálky referenční budovy

stávající stav

	Pzk	b	UN,20 W/(m².K)	Urec,20 W/(m².K)	UNekv W/(m².K)	AR m²	HT W/K
Svislé neprůsvitné konstrukce	E	1,000	0,30	0,25		94,12	28,2
Průsvitné výplně otvorů (do 50% plochy)	E	1,000	1,70	1,20		2,88	4,9
Průsvitné výplně otvorů (do 50% plochy)	E	1,000	1,50	1,20		21,17	31,8
PDL3	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	46,40	11,0
PDL4	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	9,50	2,3
PDL2	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	25,57	6,1
PDL5	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	7,56	1,8
PDL1	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	20,18	4,8
STR1	zóna -1	1,000	0,24	0,16		109,21	26,2
celkem						336,59	116,98

$U_{em,N,20} = (\sum HT / \sum AR) + 0,02$	0,37	W/(m².K)
$U_{em,N,20}$ - hodnota upravená podle tabulky 5	0,37	W/(m².K)
$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot e_1 \cdot e_2$ $e_2 = 1,25$ pokud lze využít vnitřní zdroje technologického tepla	0,37	W/(m².K)

Seznam konstrukcí referenční budovy - stávající stav

	Pzk	b	UN,20 W/(m².K)	Urec,20 W/(m².K)	UNekv W/(m².K)	AR m²	HT W/K
SO1	E	1,000	0,30	0,25		26,46	7,9
DO1	E	1,000	1,70	1,20		2,88	4,9
OT1	E	1,000	1,50	1,20		1,40	2,1
OT7	E	1,000	1,50	1,20		0,70	1,0
OT4	E	1,000	1,50	1,20		2,63	3,9
SO1	E	1,000	0,30	0,25		24,83	7,4
SO1	E	1,000	0,30	0,25		21,38	6,4
OT2	E	1,000	1,50	1,20		6,75	10,1
OT6	E	1,000	1,50	1,20		6,32	9,5
SO1	E	1,000	0,30	0,25		21,45	6,4
OT3	E	1,000	1,50	1,20		3,38	5,1
STR1	zóna -1	1,000	0,24	0,16		29,68	7,1
STR2	zóna -1	1,000	0,24	0,16		71,97	17,3
STR3	zóna -1	1,000	0,24	0,16		7,56	1,8
PDL1	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	20,18	4,8
PDL2	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	25,57	6,1
PDL3	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	46,40	11,0
PDL4	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	9,50	2,3
PDL5	zemina	0,527	0,45	0,30	0,24	7,56	1,8
celkem						336,59	116,98

Seznam konstrukcí posuzované části budovy

OK	U <sub>N,20</sub>	ss	Pzk	stávající stav				
				b	U W/(m <sup>2</sup> .K)	U <sub>ekv</sub>	AR m <sup>2</sup>	H W/K
SO1	0,30	JZ	E	1,000	0,154		26,5	4,1
DO1	1,70	JZ	E	1,000	1,500		2,9	4,3
OT1	1,50	JZ	E	1,000	1,100		1,4	1,5
OT7	1,50	JZ	E	1,000	1,100		0,7	0,8
OT4	1,50	JZ	E	1,000	1,100		2,6	2,9
SO1	0,30	JV	E	1,000	0,154		24,8	3,8
SO1	0,30	SV	E	1,000	0,154		21,4	3,3
OT2	1,50	SV	E	1,000	1,100		6,8	7,4
OT6	1,50	SV	E	1,000	1,100		6,3	7,0
SO1	0,30	SZ	E	1,000	0,154		21,5	3,3
OT3	1,50	SZ	E	1,000	1,100		3,4	3,7
STR1	0,24	H	zóna ?	1,000	0,156		29,7	4,6
STR2	0,24	H	zóna ?	1,000	0,156		72,0	11,2
STR3	0,24	H	zóna ?	1,000	0,156		7,6	1,2
PDL1	0,45	H	Z	0,643	0,260	0,167	20,2	3,4
PDL2	0,45	H	Z	0,639	0,261	0,167	25,6	4,3
PDL3	0,45	H	Z	0,632	0,261	0,165	46,4	7,7
PDL4	0,45	H	Z	0,632	0,261	0,165	9,5	1,6
PDL5	0,45	H	Z	0,639	0,261	0,167	7,6	1,3
ΔU <sub>em</sub> 1				1,00	0,020		336,6	6,7
suma							336,6	84,0

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy: Rodinný dům Posuzovaná část: Adresa budovy: Ratibořice 596/20				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_c = 0.0 \text{ m}^2$				stávající stav		
<b>CI</b> Velmi úsporná <div><div><div>A</div><div>0,5</div><div>B</div><div>0,75</div><div>C</div><div>1,0</div><div>D</div><div>1,5</div><div>E</div><div>2,0</div><div>F</div><div>2,5</div><div>G</div></div><div>Mimořádně ne<span>hospodárná</span></div></div>				<div>B</div>		
<b>KLASIFIKACE</b>				0,68		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2.K)$ $U_{em} = H_T/A$				0,25		
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2:2011 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2.K)$				0,37		
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$	0,18	0,28	0,37	0,55	0,74	0,92
Platnost štítku do : 03.01.2028			Datum: 03.01.2018			
			Jméno a příjmení: Bc. Daniela Rodková			

## Příloha č. 4 - Podrobný výpočet tepelných ztrát

### Tepelný výkon STN EN 12831

977880 - Daniela Rodková - Jaroměřice n/R.  
Zakázka: 0.0

TV v.4.6.5 © PROTECH spol. s r.o.  
Datum tisku: 03.01.2018

### Výpočet budovy - varianta 1

Stavba: DIPLOMOVÁ PRÁCE - RODINNÝ DŮM

Místo: RATIBOŘICE p. č. 596/20

Zadavatel: Bc. Daniela Rodková

Zpracovatel: **Bc. Daniela Rodková**

Zakázka: 0.0

Archiv:

Projektant: Daniela Rodková

Datum: 05.09.2017

E-mail:

Telefon:

Tento dokument obsahuje všechny zadané úseky

$t_e = -15\text{ °C}$      $t_{ib} = 19,0\text{ °C}$      $n_{50} = 0,8$     systém rozměrů: E - vnější

podl.	č.m.	účel	úsek	$t_i$ °C	$n_p$	$V_{np}$ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	$V_{n50}$ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	$V_{mech}$ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	$f_{RH}$
<b>ÚSEK 1</b>									
1	101	Zádvěří	1	15	0,5	11,1	0,7	0,0	0
1	102	Technická místnost	1	15	1,5	18,0	0,4	0,0	0
1	103	Chodba	1	15	0,5	12,3	1,2	0,0	0
1	104	WC	1	20	1,5	7,7	0,2	0,0	0
1	105	Koupelna	1	24	1,5	29,5	0,9	0,0	0
1	106	Šatna	1	15	0,5	9,2	0,9	0,0	0
1	107	Ložnice	1	20	0,5	15,6	1,5	0,0	0
1	108	Dětský pokoj	1	20	0,5	15,6	1,5	0,0	0
1	109	Dětský pokoj	1	20	0,5	15,6	1,5	0,0	0
1	110	Obývací pokoj	1	20	0,5	22,1	1,4	0,0	0
1	111	Kuchyň + jídelna	1	20	1,5	90,2	2,9	0,0	0

č.m.	úsek	$V_{mi}$ m <sup>3</sup>	$A_{pi}$ m <sup>2</sup>	$H_{Tm}$ W/K	$H_{Vm}$ W/K	$\Phi_{Tm}$ W	$\Phi_{Vm}$ W	$\Phi_{RHm}$ W	$\Phi_{HLM}$ W	$Q_{cm}$ W	$Q_z$ W
<b>ÚSEK 1</b>											
101	1	22,1	8,5	5	4	154	113	0	267	267	0
102	1	12,0	4,6	0	6	-14	184	0	170	170	0
103	1	24,7	9,5	-6	4	-173	126	0	0	0	0
104	1	5,1	2,0	3	3	95	92	0	187	187	0
105	1	19,7	7,6	10	10	385	391	0	776	776	0
106	1	18,3	7,1	1	3	27	94	0	120	120	0
107	1	31,2	12,0	10	5	335	186	0	521	521	0
108	1	31,2	12,0	8	5	272	186	0	457	457	0
109	1	31,2	12,0	8	5	272	186	0	457	457	0
110	1	44,2	17,0	12	8	420	263	0	683	683	0
111	1	60,1	23,6	18	31	633	1 074	0	1 706	1 706	0
<b>Σ úsek 1 ÚSEK 1</b>		<b>299,9</b>	<b>115,8</b>	<b>68</b>	<b>84</b>	<b>2 407</b>	<b>2 892</b>	<b>0</b>	<b>5 346</b>	<b>5 346</b>	<b>0</b>

#### Legenda

$V_{np}$  - hygienická výměna vzduchu

$V_{n50}$  - výměna vzduchu pláštěm budovy

$f_{RH}$  - zátopový součinitel

$\Phi_{Tm}$  - tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

$\Phi_{Vm}$  - tepelná ztráta místnosti větráním

$\Phi_{RHm}$  - tepelný výkon místnosti pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění

## Rekuperační jednotka NIBE ERS 10-500



XL31	Připojení větrání, odpadní vzduch
XL32	Připojení větrání, odváděný vzduch
XL33	Připojení větrání, přiváděný vzduch
XL34	Připojení větrání, venkovní vzduch
XL40	Odvod kondenzátu

BT20	Teplotní čidlo, odpadní vzduch
BT21	Teplotní čidlo, odváděný vzduch
BT22	Teplotní čidlo, přiváděný vzduch
BT23	Teplotní čidlo, venkovní vzduch

AA5	Doplňková karta
EP26	Tepelný výměník
UB1	Kabelová průchodka
W1	Kabel se zástrčkou
W2	Komunikační kabel

EP26	Tepelný výměník
GQ2	Ventilátor odpadního vzduchu
GQ3	Ventilátor přiváděného vzduchu
HQ10	Filtr odpadního vzduchu
HQ11	Filtr přiváděného vzduchu
QN37	Obtoková klapka

PF1	Typový štítek
WM5	Žlab na odvod kondenzátu

Umístění součástí je označeno podle normy IEC 81346-1 a 81346-2.



## Odvod kondenzátu

ERS 10 může vytvořit několik litrů kondenzátu denně. Proto je důležité správně umístit odvod kondenzátu a nainstalovat jednotku vodorovně.

Zkontrolujte, zda je sifon vzduchotěsný a pevně drží na místě. Zapojení musí být provedeno tak, aby mohl uživatel kontrolovat funkčnost sifonu bez otvírání ERS 10.

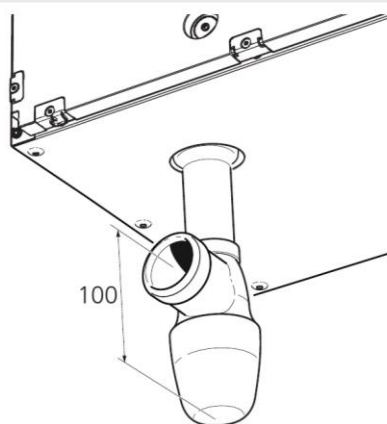
Výstup kondenzátu je přizpůsoben typu sifonu, který se běžně používá v umyvadlech (přípojka G32).

Instalace od sifonu dále do výpusti musí mít potřebný spád 1 %. Pokud se jednotka instaluje v chladné oblasti, trubka na odvod kondenzátu musí být izolována, aby kondenzát v trubce nezamrzal. Také se doporučuje namontovat sifon do vytápěného prostoru, aby bylo zaručeno, že voda v sifonu nezmrzne.

Pokud nelze zaručit, že izolace ochrání trubku na odvod kondenzátu před mrazem, musí se kolem trubky nainstalovat topný kabel řízený termostatem.

### ! UPOZORNĚNÍ!

Během provozu je v jednotce podtlak, což znamená, že je nutné zajistit, aby byl v sifonu sloupec vody o výšce alespoň 100 mm.



## Všeobecné připojení větrání

Instalace větrání se musí provést v souladu s platnými normami a směrnici.

Nainstalujte tlumiče do vedení, aby se zabránilo přenosu hluku z ventilátoru do ventilačních zařízení. Je to důležité zejména v případě, že ventilační zařízení jsou v ložnicích.

Potrubí na odváděný a venkovní vzduch musí být po celé délce opatřeno difúzní izolací (PE30). Ujistěte se, že izolace proti kondenzaci je utěsněná na všech spojkách a/nebo přívodních vsuvkách, tlumičích, střešních krytech a podobných prvcích. Musí být zajištěna možnost prohlídky a čištění potrubí. Ujistěte se, že nikde nedochází k zúžení průřezu ve formě promáčknutí atd., jinak by se snížil výkon větrání. Systém vzduchového potrubí musí mít minimální třídu vzduchotěsnosti B.

Všechny spoje ve vzduchovém potrubí musí být utěsněny, aby se předešlo únikům.

Doporučuje se umístit vstup venkovního vzduchu na severní nebo východní stranou domu, aby se dosáhlo optimálního komfortu v domě.

Při umísťování stříšky/mřížky pro venkovní a odváděný vzduch pamatujte na to, že průtoky obou vzduchů se nesmí zablokovat, aby se předešlo opětovnému nasátí odpadního vzduchu.

### Potrubí na odpadní vzduch/kuchyňský ventilátor

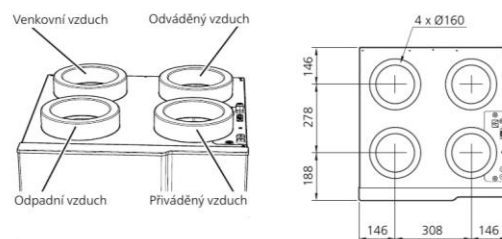
Potrubí na odpadní vzduch (kuchyňský ventilátor) se nesmí připojovat k ERS 10.

Musí se dodržet vzdálenost mezi kuchyňským ventilátorem a ventilem odpadního vzduchu, aby se předešlo vnikání pachů z vaření do ERS 10. Tato vzdálenost nesmí být kratší než 1,5 m, ale v různých instalacích se může lišit.

Při vaření vždy používejte kuchyňský ventilátor.

### ! UPOZORNĚNÍ!

Potrubí ve zděném komínu s několika tahy se nesmí používat pro odváděný vzduch.



### UPOZORNĚNÍ!

Veškeré elektrické zapojení musí provádět autorizovaný elektrikář.

Elektrická instalace a zapojování se musí provádět v souladu s platnými předpisy.

ERS 10 musí být během instalace odpojen od napájení.

### UPOZORNĚNÍ!

Pokud se poškodí napájecí kabel, může ho vyměnit pouze společnost NIBE, její servisní zastoupení nebo jiná autorizovaná osoba, aby se předešlo riziku úrazu a poškození.

### UPOZORNĚNÍ!

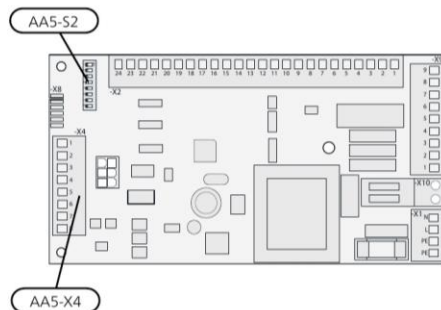
Komunikační kabely a/nebo kabely snímačů pro externí příslušenství se nesmí vést v souběhu se silovými kabely ve vzdálenosti menší než 20 cm, aby se zabránilo rušení ve všech souběžných vedeních.

Schéma elektrického zapojení najdete na str. 23.

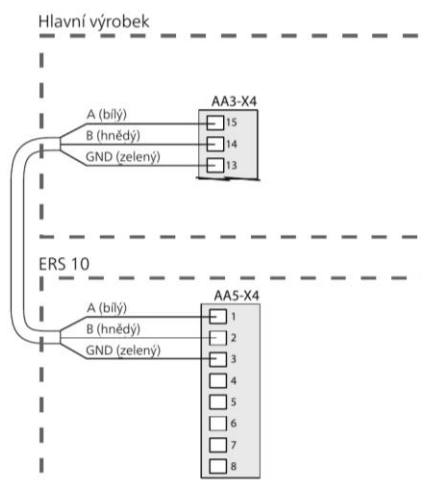
## Připojení k hlavnímu výrobku

Pokud je třeba připojit několik kusů příslušenství nebo jsou již připojené, následující karty se musí zapojovat do série s předchozí kartou.

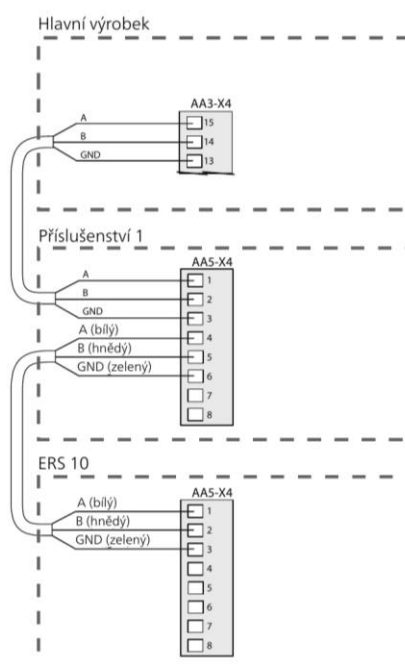
Použijte kabel LiYY, EKKX nebo podobný typ.



Komunikační kabel (W2) v ERS 10 musí být připojen k hlavnímu výrobku.



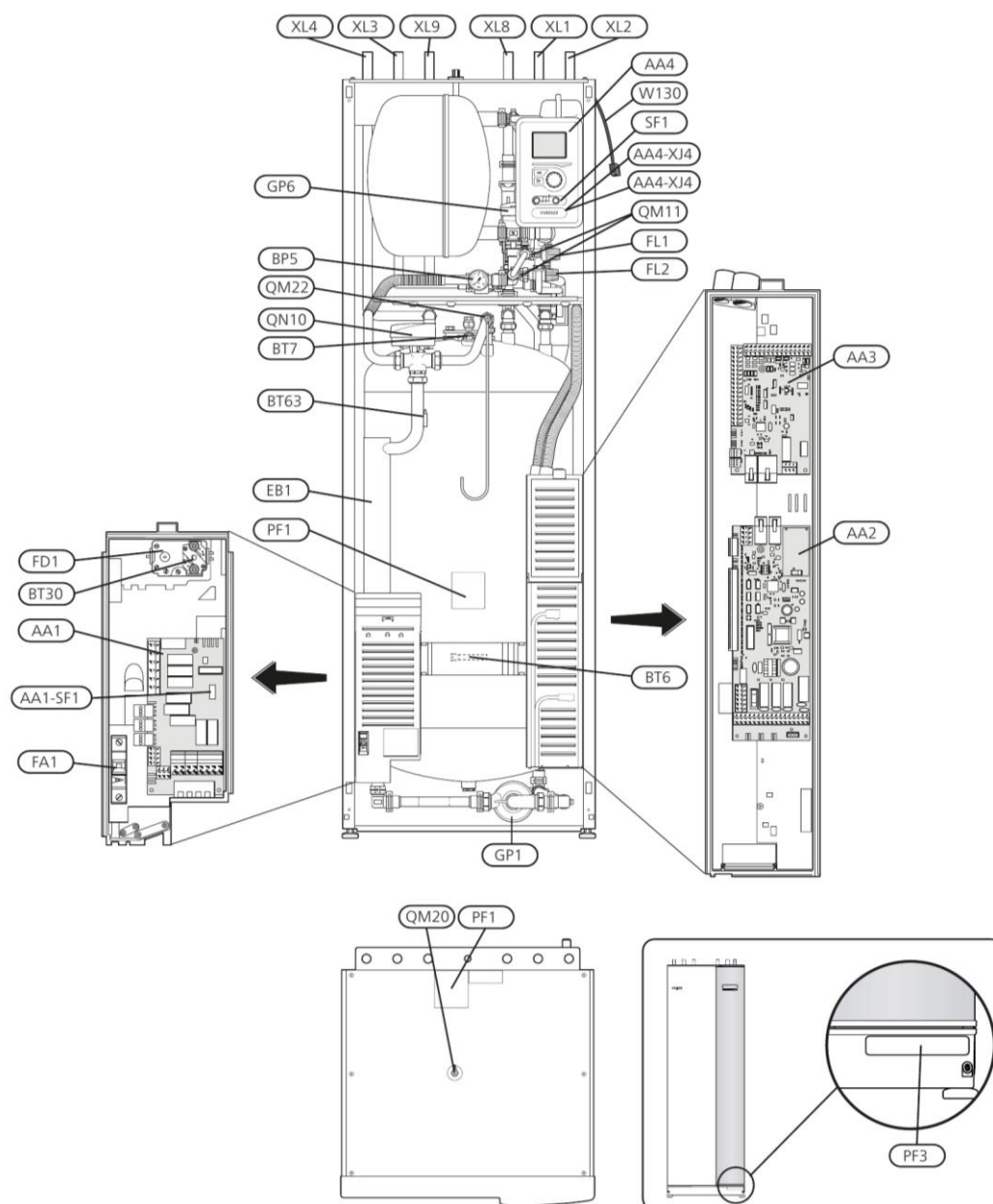
Pokud se instaluje více kusů příslušenství, ERS 10 se musí zapojit jako poslední v sérii, jak je znázorněno na obrázku.

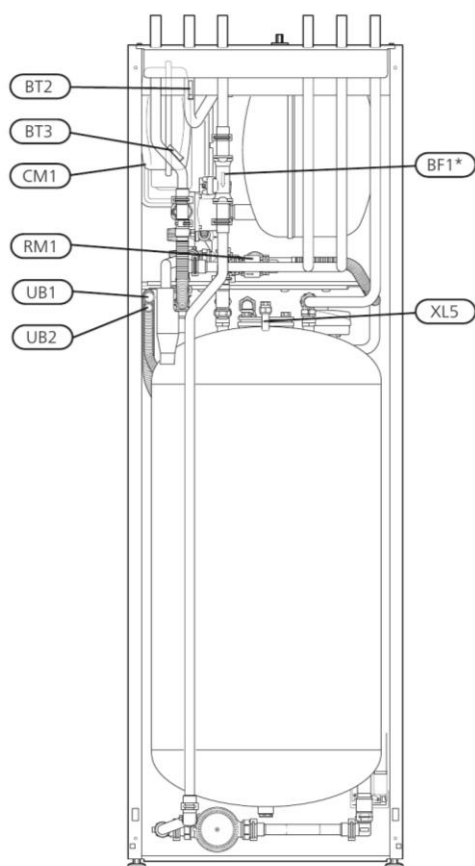


### TIP

Umístění vstupní desky (AA3) najdete v instalační příručce k hlavnímu výrobku.

## Systémová jednotka NIBE VVM320





### Připojení

- XL1 Připojení, výstup topného média, Ø22 mm
- XL2 Připojení, vratná topného média, Ø22 mm
- XL3 Připojení, studená voda, Ø22 mm
- XL4 Připojení, teplá voda, Ø22 mm
- XL5 Připojení, oběh teplé vody, Ø15 mm (nevztahuje se na měděnou variantu)
- XL8 Připojení, vstupní přípojka, topné médium, Ø22 mm
- XL9 Připojení, výstupní přípojka, topné médium, Ø22 mm

### Součásti topení, větrání a klimatizace

- CM1 Expanzní nádoba, uzavřená, topné médium
- FL1 Pojistný ventil, ohříváč vody
- FL2 Pojistný ventil, klimatizační systém
- GP1 Oběhové čerpadlo
- GP6 Oběhové čerpadlo, topné médium 2

\*Platí pro Německo, Švýcarsko a Rakousko. Na ostatních trzích k dispozici jako příslušenství EMK 300.

- QM20 Odvzdušňování, klimatizační systém
- QM22 Odvzdušňovací ventil, trubkový výměník
- QN10 Přepínací ventil, klimatizační systém/ohřev vody, výstup
- QM11 Plnicí ventil, topné médium
- RM1 Zpětný ventil, studená voda

### Čidla atd.

- BP5 Tlakoměr, topný systém
- BT2 Teplotní čidlo, topné médium výstup
- BT3 Teplotní čidlo, vratná topného média
- BT6 Teplotní čidlo, plnění teplé vody
- BT7 Teplotní čidlo, teplá voda, horní
- BT30 Termostat, pohotovostní režim
- BT63 Teplotní čidlo, výstup topného média za elektrokotlem

### Elektrické součásti

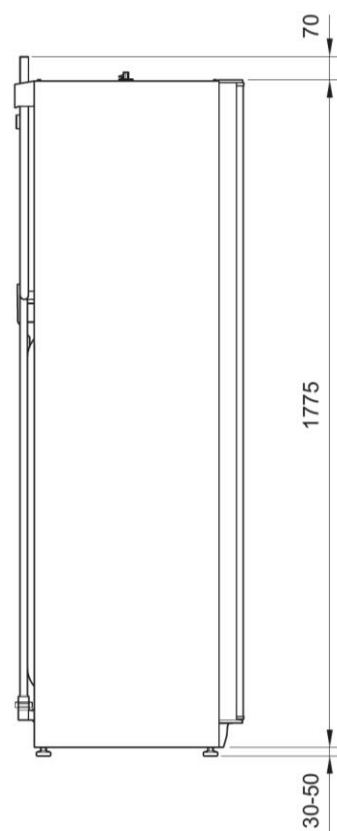
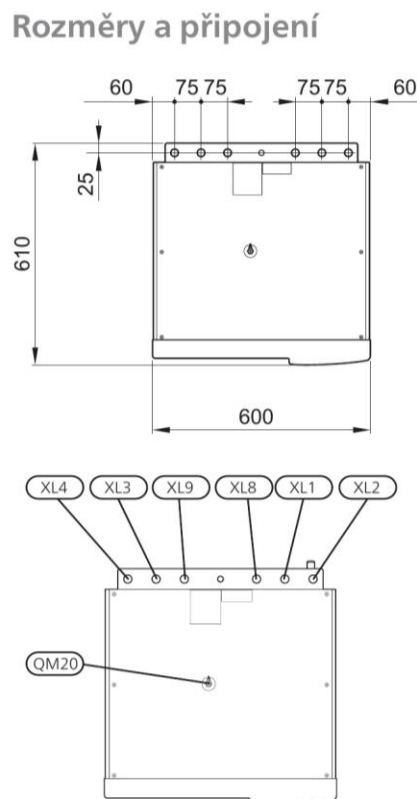
- AA1 Deska elektrokotle
- Spínač AA1-SF1
- AA2 Základní deska
- AA3 Vstupní deska
- AA4 Zobrazovací jednotka
- AA4-XJ3 Konektor USB
- AA4-XJ4 Servisní konektor
- BF1\* Elektroměr
- EB1 Elektrokotel
- FA1 Miniaturní jistič
- FD1 Omezovač teploty
- SF1 Hlavní vypínač
- W130 Síťový kabel pro NIBE Uplink™

### Různé

- PF1 Typový štítek
- PF3 Štítek se sériovým číslem
- UB1 Kabelová průchodka
- UB2 Kabelová průchodka

Umístění součástí je označeno podle normy IEC 81346-1 a 81346-2.

## Rozměry a připojení



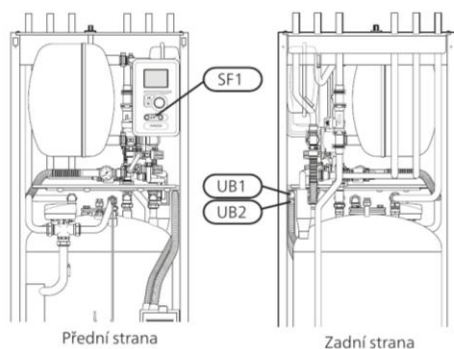
### Připojení

- XL1 Připojení, výstup topného média, Ø22 mm
- XL2 Připojení, vratná topného média, Ø22 mm
- XL3 Připojení, studená voda, Ø22 mm
- XL4 Připojení, teplá voda, Ø22 mm
- XL5 Připojení, oběh teplé vody, Ø15 mm
- XL8 Připojení, vstupní přípojka, topné médium, Ø22 mm

## Všeobecné informace

Veškeré elektrické vybavení vyjma venkovních čidel, pokojových čidel a proudových čidel je již zapojeno od výrobce.

- Před zkoušením izolace domovní elektroinstalace odpojte vnitřní modul.
- Je-li budova vybavena proudovým chráničem, VVM 320 musí být vybaven samostatným proudovým chráničem.
- Schéma zapojení vnitřního modulu najdete na str. 66.
- Komunikační kabely a kabely čidel pro externí příslušenství nesmí vést blízko napájecích kabelů.
- Komunikační kabely a kabely čidel pro externí příslušenství musí mít minimální průřez  $0,5 \text{ mm}^2$  a délku až 50 m; použijte například EKKX nebo LiYY.
- Při vedení kabelu do VVM 320 se musí použít kabelové průchodky UB1 a UB2 (označené na obrázku). V případě UB1 a UB2 se kabely protahují skrz vnitřní modul ze zadní strany na přední stranu.



### UPOZORNĚNÍ!

Dokud nebude kotel naplněn vodou a nebude odvzdušněn radiátorový systém, přepínač (SF1) se nesmí přepnout do polohy „I“ nebo „ $\Delta$ “. Jinak by se mohly poškodit omezovač teploty, termostat a elektrokotel.



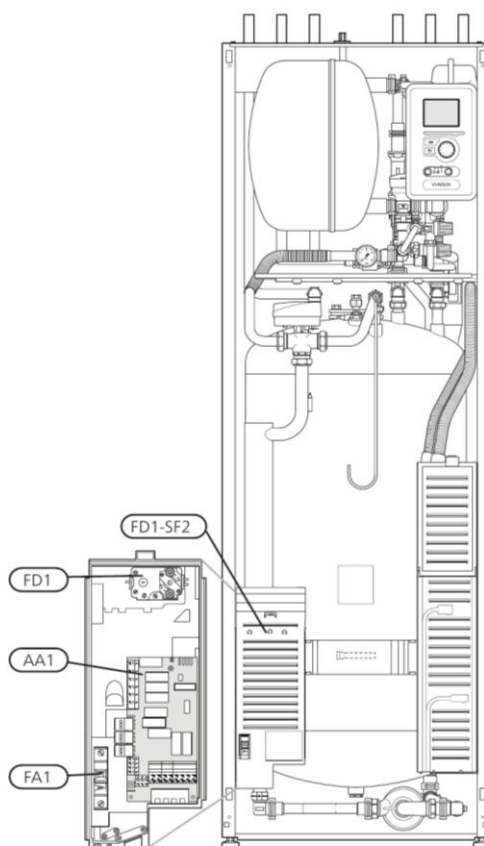
### UPOZORNĚNÍ!

Pokud se poškodí napájecí kabel, může ho vyměnit pouze společnost NIBE, její servisní zastoupení nebo jiná autorizovaná osoba, aby se předešlo riziku úrazu a poškození.



### UPOZORNĚNÍ!

Elektrická instalace a servis se musí provádět pod dozorem kvalifikovaného elektrikáře. Před prováděním jakýchkoliv servisních prací přerušete napájení jističem. Elektrická instalace a zapojování se musí provádět v souladu s platnými předpisy.



### Miniaturní jistič

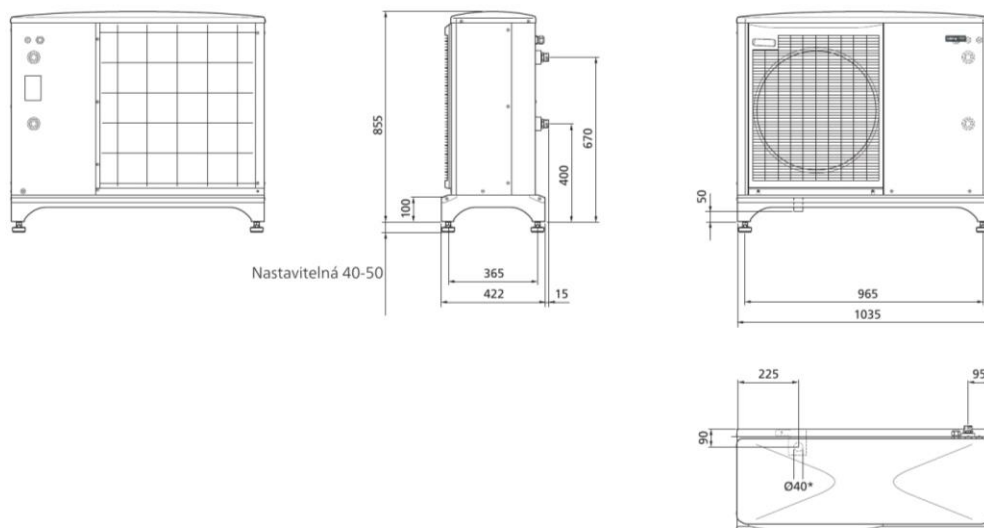
Vnitřní modul a velká část jeho vnitřních součástí jsou vnitřně chráněny miniaturním jističem ((FA1)).

### Omezovač teploty

Omezovač teploty (FD1) omezuje přívod proudu do přídatného elektrokotle v případě, že teplota vzroste na  $90$  až  $100^\circ\text{C}$ , a lze ho ručně resetovat.

## Rozměry a připojení

F2040-8

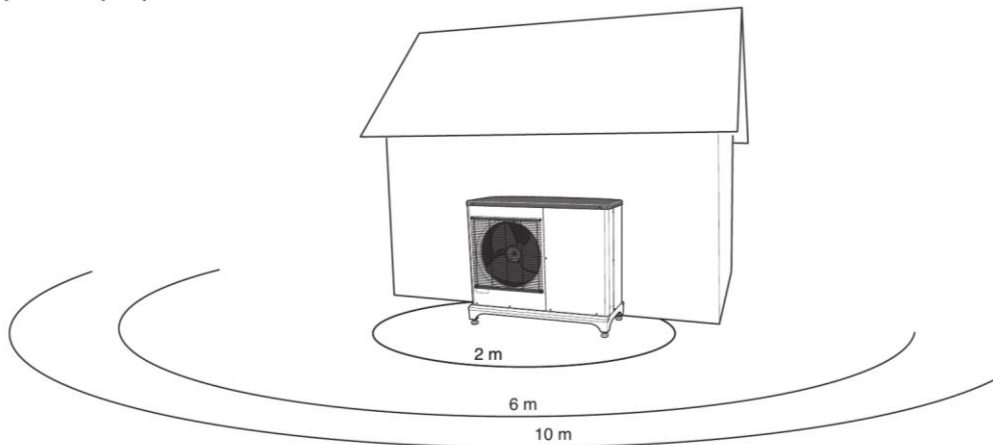


## Hladiny akustického tlaku

F2040 se obvykle umísťuje ke stěně domu, která přímo rozvádí zvuk, což je třeba vzít v úvahu. Při umísťování se proto vždy musíte pokusit najít takové místo u stěny, jehož okolí je nejméně citlivé na hluk.

Hladiny akustického tlaku jsou dále ovlivňovány stěny, cihlami, rozdíly v nadzemní výšce atd., proto se musí považovat pouze za informativní hodnoty.

F2040 upravuje rychlost ventilátoru v závislosti na okolní teplotě a výparné teplotě.



Tepelné čerpadlo vzduch-voda		F2040-8	F2040-12	F2040-16
Hladina akustického výkonu* podle EN 12102 při 7/45 (jmenovitá)	$L_W(A)$	54	57	61
Hladina akustického tlaku volně stojící jednotky ve vzdálenosti 2 m.*	$dB(A)$	40	43	47
Hladina akustického tlaku volně stojící jednotky ve vzdálenosti 6 m.*	$dB(A)$	30,5	33,5	37,5
Hladina akustického tlaku volně stojící jednotky ve vzdálenosti 10 m.*	$dB(A)$	26	29	33

\* Volné místo



## Technické specifikace

Tepelné čerpadlo vzduch-voda		F2040-8	F2040-12	F2040-16
Vytápění	Venk. tepl. /výstupní tepl.	Jmenovitý	Jmenovitý	Jmenovitý
Údaje o výkonu podle EN 14511 ΔT 5 K Jmenovitý výkon/el. příkon/COP (kW/kW/-)	7/35 °C (podla-ha)	3,86/0,83/4,65	5,21/1,09/4,78	7,03/1,45/4,85
	2/35 °C (podla-ha)	5,11/1,36/3,76	6,91/1,79/3,86	9,33/2,38/3,92
	-7/35 °C (podla-ha)	6,64/2,48/2,68	8,98/3,26/2,75	12,12/4,33/2,80
	2/55 °C	4,75/2,07/2,29	6,42/2,72/2,36	8,67/3,62/2,40
	7/45 °C	3,70/1,00/3,70	5,00/1,31/3,82	6,75/1,74/3,88
	2/45 °C	5,03/1,70/2,96	6,80/2,24/3,04	9,18/2,98/3,08
	-7/45 °C	6,58/3,06/2,15	8,90/4,03/2,21	12,01/5,36/2,24
	-15/45 °C	5,13/3,03/1,69	6,94/3,99/1,74	9,36/5,31/1,76
	7/55 °C	3,50/1,17/2,99	4,73/1,54/3,07	6,38/2,04/3,13
-7/55 °C	5,29/2,68/1,97	7,15/3,53/2,03	9,66/4,69/2,06	
Chlazení	Venk. tepl. /výstupní tepl.	Max.	Max.	Max.
Údaje o výkonu podle EN 14511 ΔT 5 K Jmenovitý příkon/topný výkon/EER	27/7 °C	7,52/2,37/3,17	9,87/3,16/3,13	13,30/3,99/3,33
	27/18 °C	11,20/3,20/3,50	11,70/3,32/3,52	17,70/4,52/3,91
	35/7 °C	7,10/2,65/2,68	9,45/3,41/2,77	13,04/4,53/2,88
	35/18 °C	9,19/2,98/3,08	11,20/3,58/3,12	15,70/5,04/3,12
Údaje o napájení				
Jmenovité napětí		230 V 50 Hz, 230 V 2 stř. 50 Hz		
Max. pracovní proud, tepelné čerpadlo	A <sub>ef</sub>	16	23	25
Max. pracovní proud, kompresor	A <sub>ef</sub>	15	22	24
Rozběhový proud	A <sub>ef</sub>	5	5	5
Jmenovitý výkon, ventilátor	W	86	86	2 x 86
Pojistka <sup>1)</sup>	A <sub>ef</sub>	16	25	25
Okruh chladiva				
Typ chladiva		R410A		
Typ kompresoru		Dvojitý rotační		
Kompresorový olej		M-MA68		
Objem	kg	2,55	2,9	4,0
Vypínací hodnota presostatu VT	MPa	4,15 (41,5 bar)		
Vypínací hodnota presostatu NT	MPa	0,079 (0,79 bar)		
Primární okruh				
Průtok vzduchu	m <sup>3</sup> /h	3000	4380	6000
Min./max. teplota vzduchu	°C	-20/43		
Odmrazovací systém		inverzní cyklus		
Topné médium				
Min./max. tlak v systému topného média	MPa	0,05/0,25 (0,5/2,5 bar)		
Min. objem, klimatizační systém, vytápění/chlazení	l	50	80	150



## Energetické značení

### Informační list

Dodavatel		NIBE		
Model		F2040-8	F2040-12	F2040-16
Model ohřivače teplé vody		VVM 320	VVM 320	VVM 310
Aplikace teploty	°C	35 / 55	35 / 55	35 / 55
Udávaný profil odběru, ohřev teplé vody		<b>XL</b>	<b>XL</b>	<b>XL</b>
Třída účinnosti vytápění místností, průměrné podnebí		<b>A++ / A++</b>	<b>A++ / A++</b>	<b>A++ / A++</b>
Třída účinnosti ohřevu teplé vody, průměrné podnebí		<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
Jmenovitý topný výkon (Pdesignh), průměrné podnebí	kW	8,2 / 7,0	11,5 / 10,0	14,5 / 14,0
Roční spotřeba energie na vytápění místností, průměrné podnebí	kWh	3 882 / 4 447	5 382 / 6 136	6 702 / 8 431
Roční spotřeba energie na ohřev teplé vody, průměrné podnebí	kWh	1 689	1 702	1 702
Sezónní průměrná účinnost vytápění místností, průměrné podnebí	%	172 / 127	174 / 132	176 / 134
Energetická účinnost ohřevu vody, průměrné podnebí	%	99	98	98
Hladina akustického výkonu L <sub>WA</sub> v místnosti	dB	35	35	35
Jmenovitý topný výkon (Pdesignh), chladné podnebí	kW	9,0 / 10,0	11,5 / 13,0	15,0 / 16,0
Jmenovitý topný výkon (Pdesignh), teplé podnebí	kW	8,0 / 8,0	12,0 / 12,0	15,0 / 15,0
Roční spotřeba energie na vytápění místností, chladné podnebí	kWh	6 264 / 8 844	7 798 / 11 197	10 040 / 13 629
Roční spotřeba energie na ohřev teplé vody, chladné podnebí	kWh	1 886	1 904	1 904
Roční spotřeba energie na vytápění místností, teplé podnebí	kWh	1 879 / 2 333	2 759 / 3 419	3 370 / 4 183
Roční spotřeba energie na ohřev teplé vody, teplé podnebí	kWh	1 540	1 551	1 551
Sezónní průměrná účinnost vytápění místností, chladné podnebí	%	139 / 108	142 / 111	144 / 113
Energetická účinnost ohřevu vody, chladné podnebí	%	89	88	88
Sezónní průměrná účinnost vytápění místností, teplé podnebí	%	225 / 180	229 / 185	235 / 189
Energetická účinnost ohřevu vody, teplé podnebí	%	109	108	108
Hladina akustického výkonu L <sub>WA</sub> venku	dB	54	57	61

### Údaje pro energetickou účinnost sestavy

Model		F2040-8	F2040-12	F2040-16
Model ohřivače teplé vody		VVM 320	VVM 320	VVM 310
Aplikace teploty	°C	35 / 55	35 / 55	35 / 55
Řídicí jednotka, třída		VI		
Řídicí jednotka, podíl na účinnosti	%	4,0		
Průměrná roční energetická účinnost sestavy při vytápění prostorů, průměrné podnebí	%	176 / 131	178 / 136	180 / 138
Průměrná roční třída energetické účinnosti při vytápění prostorů, průměrné podnebí		<b>A+++ / A++</b>	<b>A+++ / A++</b>	<b>A+++ / A++</b>
Průměrná roční energetická účinnost sestavy při vytápění prostorů, chladné podnebí	%	143 / 112	146 / 115	148 / 117
Průměrná roční energetická účinnost sestavy při vytápění prostorů, teplé podnebí	%	229 / 184	233 / 189	239 / 193

Uváděná účinnost systému bere v úvahu také řídicí jednotku. Pokud se do systému přidá externí doplňkový kotel nebo solární kolektor, celková účinnost systému se musí přepočítat.